**UNIVERSIDADE LUSÍADA DE LISBOA**

Faculdade de Arquitectura e Artes

Mestrado em Planeamento e Construção Sustentável

# Contributos para a construção de uma eco-escola

**Realizado por:**
Isa Teresa de Matos Fernandes
**Orientado por:**
Prof. Doutor Arqt. Alberto Cruz Reaes Pinto

**Constituição do Júri:**

| | |
|---|---|
| Presidente: | Prof. Doutor Horácio Manuel Pereira Bonifácio |
| Orientador: | Prof. Doutor Arqt. Alberto Cruz Reaes Pinto |
| Arguente: | Prof. Doutor José Justino de Matos Barros Gomes |

Dissertação aprovada em: 27 de Abril de 2011

Lisboa

2011

UNIVERSIDADE LUSÍADA DE LISBOA

Faculdade de Arquitetura e Artes

Mestrado em Planeamento e Construção Sustentável

# Contributos para a construção de uma Eco- Escola

**Isa Teresa de Matos Fernandes**

Lisboa
Outubro 2011

UNIVERSIDADE LUSÍADA DE LISBOA

Faculdade de Arquitetura e Artes

Mestrado em Planeamento e Construção Sustentável

# Contributos para a construção de uma Eco- Escola

Isa Teresa de Matos Fernandes

Lisboa
Outubro 2011

**Isa Teresa de Matos Fernandes**

# Contributos para a construção de uma Eco- Escola

Dissertação apresentada à Faculdade de Arquitetura e Artes da Universidade Lusíada de Lisboa para a obtenção do grau de Mestre em Planeamento e Construção Sustentável.

Orientador: Prof. Doutor Arq. to Alberto Cruz Reaes Pinto

Lisboa
Outubro 2011

## Ficha Técnica

**Autora** Isa Teresa de Matos Fernandes
**Orientador** Prof. Doutor Arq. to Alberto Cruz Reaes Pinto
**Título** Contributos para a construção de uma Eco- Escola
**Local** Lisboa
**Ano** 2011


**Mediateca da Universidade Lusíada de Lisboa - Catalogação na Publicação**

FERNANDES, Isa Teresa de Matos, 1980-

Contributos para a construção de uma Eco- Escola / Isa Teresa de Matos Fernandes; orientado por Alberto Cruz Reaes Pinto. - Lisboa: [s.n.], 2011. - Dissertação de Mestrado em Planeamento e Construção Sustentável, Faculdade de Arquitetura e Artes da Universidade Lusíada de Lisboa.

I – PINTO, Alberto Cruz Reaes, 1932-

LCSH
1. Escolas - Aspetos Ambientais
2. Edifícios Sustentáveis
3. Arquitetura Sustentável
4. Universidade Lusíada de Lisboa. Faculdade de Arquitetura e Artes - Teses
5. Teses – Portugal - Lisboa

1. Schools - Environmental Aspects
2. Sustainable Buildings
3. Sustainable Architecture
4. Universidade Lusíada de Lisboa. Faculdade de Arquitetura e Artes - Dissertations
5. Dissertations, Academic – Portugal - Lisbon

LCC - TH880.F47 2011

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e amigos, pelo suporte emocional e incentivo durante o tempo de elaboração da tese.

Ao Prof. Alberto Reaes Pinto, por sua orientação, incentivo e amizade durante o curso de mestrado e a elaboração da tese.

Aos meus colegas do curso de mestrado, Luís Brochado e Patrícia Morais pela cedência do trabalho de pós-graduação “Contributos para a Construção de uma Escola Eco Sustentável”, realizada em conjunto com eles, que depois se tornou necessário finaliza-lo. A colega e grande Amiga Patrícia Fernandes, pela ajuda prestada. Pela companhia e amizade durante o curso de mestrado. E ao Miguel.

*"Ensinar é tocar o no coração e levá-lo a agir. "*
Louis Sullivan, arquiteto, mentor de Frank Lloyd Wright,

## RESUMO


**ECO-ESCOLA**

Isa Teresa de Matos Fernandes

Atualmente, um dos maiores desafios da sociedade, prende-se com o desenvolvimento sustentável, cujo princípio é o das gerações atuais satisfazerem as suas necessidades sem sujeitarem a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades.

Que resulta da necessidade de reduzirmos o consumo de recursos, aumentarmos o potencial de reciclagem e reutilização dos resíduos gerados. Neste âmbito, é necessário proteger os sistemas naturais e a sua função em todas as atividades, repensar os padrões de produção e consumo nos diversos sectores da atividade humana, reduzir significativamente as emissões e combater a degradação ambiental que se tem manifestado através das alterações climáticas.

Esta tese tem como objetivo criar um manual ou guia sobre práticas para a edificação e requalificação de uma Escola, que pudessem ajudar todos os intervenientes na elaboração do projeto, a estabelecer um plano estratégico que conduzisse à construção de um edifício de referência.



PALAVRAS-CHAVE:

1. ESCOLA,
2.SUSTENTABILIDADE
3. ECO-ESCOLA
4. ESCOLA SUSTENTÁVEL
5. CRITERIOS SUSTENTÁVEIS
6. ARQUITECTURA SUSTENTÁVEL
7. UNIVERSIDADE LUSÍADA. FACULDADE DE ARQUITECTURA E ARTES- TESES
8. TESES – PORTUGAL - LISBOA

## ABSTRACT


**ECO-SCHOOL**

Isa Teresa de Matos Fernandes

Currently one of the biggest challenges facing society, relates to sustainable development, whose principle is that of present generations to meet their needs without subjecting the ability of future generations to meet their own needs.

Resulting from the need to reduce resource consumption, increase the potential for recycling and reuse of waste generated. Because of this, it is necessary to protect natural systems and their role in all activities, to rethink methods of production and consumption in the different sectors of human activity, significantly reduce emissions and fight environmental degradation, which is manifesting itself in the climate change.

This thesis aims to create a manual or guide to practice for the construction and rehabilitation of a school that could help all stakeholders in the drafting of the project to establish a strategic plan that can lead to the construction of a landmark building.



KEYWORDS:
1. School;
2. Sustentabilidade;
3. Eco-school;
4. Sustainable school;
5. Sustainable criteria
6. Sustainable architecture;
7. Universidade Lusíada. Faculdade de Arquitetura e Artes- Dissertation;
8. Dissertations, Academic - Portugal – Lisbon.

# SUMÁRIO

CAPITULO 4

# 01- INTRODUÇÃO

Desenvolvimento sustentável *“ procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades*.” (Relatório de Brundtland).

Partindo do princípio “*Que é hoje que criamos o futuro do mundo*” (Eleanor Roosevelt), soluções futuras para os problemas do mundo podem ser hoje descobertas pelas crianças numa sala de aula.

## 01.1- ENQUADRAMENTO E MOTIVAÇÃO

O Tema "**Eco-Escola**", foi desenvolvido pela necessidade urgente de contribuir para a criação de um manual ou guia sobre práticas sustentáveis para a edificação e requalificação/ampliação de uma Escola.

Surge no seguimento do trabalho de pós graduação "Contributos para a Construção de uma Escola", feito em conjunto com os arquitetos Luís Brochado e Patrícia Morais, no qual se deu a conhecer o parque escolar de Amarante, e alguns casos de estudo Internacionais, ficando por aprofundar uma "*lista significativa de conceitos e praticas que podem ajudar a estabelecer um* plano *estratégico que depois de divulgado e em sintonia com todos os intervenientes"* de um edifício escolar conduzissem para a elaboração de um guia de referencia.

A consciencialização das populações para questão de sustentabilidade, surge com diferentes acontecimentos e "*os problemas daí resultantes, foram reconhecidos na década de 60, muito por influência do livro Silent Spring da autoria de Rachel Carlson, em que pela primeira vez a Primavera aparecia sem flamingos, mortos pela ingestão de alimentos contaminados por pesticidas" [Reaes Pinto, A.].*

No fim da década de 60 com a primeira crise petrolífera, reúne-se em Roma (clube de Roma), pessoas influentes e diferentes nacionalidades que visam promover um crescimento económico estável e sustentável da humanidade. [THE CLUB OF ROME].

A pedido desse clube, é publicado um livro "Limits to Growth" (Limite do Crescimento), em 1972, da autoria de Dennis e Donella Meadows, que coordenaram um grupo de investigação no MIT ((Massachussets Institute of Tecnology). "*Nele foram apresentados vários cenários de desenvolvimento em torno da interacção de várias variáveis, como o crescimento de populacional, o consumo de energia e de recursos naturais. Concluía-se, que se a tendência de crescimento se mantivesse, em menos de 100 anos, seriam atingidos os limites de crescimento da Terra, com o declínio da atividade industrial, por falta de recursos naturais, o que levaria a um acelerado decréscimo populacional" [Reaes Pinto, A.].*

*"Estas conclusões tiveram um forte impacte na opinião pública e na comunidade científica e deram origem a uma forte confrontação de ideias."*

*"O interesse por este tema da sustentabilidade, chegou também às Nações Unidas, (NU) com a organização de uma Conferência em 1972, em Estocolmo, com o tema*

*"Human Environment", no sentido de encontrar respostas para os problemas relacionados com o Ambiente, a nível global."*

*"As N.U., considerando a importância dos problemas ambientais globais, criaram uma Comissão Internacional para o Ambiente e o Desenvolvimento (WCED – World Comission on Environment and Development), em 1984, intitulada Comissão Brundtland. Esta comissão liderada pela Sra. Gro Harlem Brundtland produz, em 1987, um relatório, "Our Common Future", também conhecido por "Relatório Brundtland"*."

*"Na sequência deste estudo e das preocupações mundiais sobre o tema, as N.U .promoveram uma Conferência internacional, denominada "Earth Summit" realizada no Rio de Janeiro, em 1992, também designada por conferência do Rio, da qual saiu um documento fundamental a "Agenda 21".*

*"O seu objetivo foi de orientar o futuro e a evolução de todas as atividades da nossa sociedade, incluindo a atividade da Indústria da Construção, no sentido de conciliar o crescimento económico, com a proteção global do ambiente e a qualidade de vida das pessoas."*

*"Este documento estabelece um plano de ação para uma mudança no sentido do Desenvolvimento Sustentável, contendo medidas concretas de ordem financeira e tecnológica, sob o enquadramento das N.U." [Reaes Pinto, A.].*

O Desenvolvimento sustentável assenta no equilíbrio de três fatores essenciais - *o social, o económico e o ambiental*. "*No entanto, é importante referir que estes fatores variam com o tempo e como tal o desenvolvimento sustentável terá de adaptar-se às mudanças que se verifiquem em cada uma das três vertentes* " [Vanegas et al., 1995].

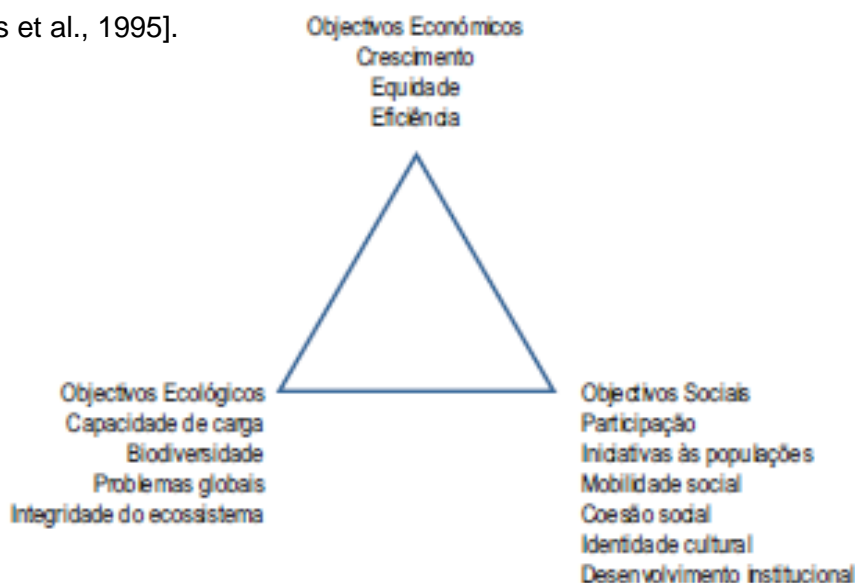



**Figura 01.1.1**: Desenvolvimento sustentável como resultado do equilíbrio entre o ambiente, a sociedade e a economia. (Pinheiro, Manuel Duarte,2006.)

O sector da construção é uma das inúmeras atividades desenvolvidas pelo Homem e "*é responsável por uma grande parte da degradação ambiental, a qual, tem vindo a agravar-se à medida que as exigências sobre o consumo de recursos naturais e uso do solo se intensificam"* [Melchert, 2005]

*Compreende a seguintes fases principais: projeto, construção, operação e demolição. Estas constituem o ciclo de vida de um edifício. Durante este tempo, as atividades e impactes associados variam. Genericamente, os impactes económicos relacionados com a construção (de infraestruturas ou edifícios de habitação) geram emprego e riqueza, aumento das necessidades de transporte, alteração do trafego local, e a pressão sobre os serviços urbanos. Dentro dos impactes sociais destacam-se a criação de edifícios e infraestruturas com diversas funções, a perturbação das comunidades locais, riscos de segurança e saúde na obra e para os utilizadores. Quanto aos impactes ambientais consideram-se como mais relevantes a extração de matérias-primas, o consumo de recursos naturais, a ocupação do solo, alteração da paisagem, alteração dos ecossistemas e as cargas ambientais. Para os impactes associados com o consumo de recursos naturais (consumo de água e energia) e com as cargas ambientais (efluentes, emissões de gases com efeito de estufa e geração de resíduos) a sua pressão é sentida ao longo de todo o ciclo de vida de um edifício, especialmente na fase de operação. Á medida que o desempenho de um edifício diminui com o tempo, se não forem tomadas medidas para reduzir os impactes associados, os efeitos tendem a aumentar."* [LIMÃO, Andreia, 2007].

Em 1994, realizou-se na Florida, a Primeira Conferência Internacional sobre Construção Sustentável (*"The First International Conference on Sustainable Construction"*), *onde* Charles Kibert definiu o conceito de construção sustentável como a *"criação e gestão responsável de um ambiente construído saudável, tendo em consideração os princípios ecológicos (para evitar danos ambientais) e a utilização eficiente dos recursos".*

*"A construção sustentável tem em conta todo o ciclo de vida do edifícios e considera que os recursos da construção são os materiais, o solo, a energia e a água. A partir destes recursos, Kibert estabeleceu os cinco princípios básicos da construção sustentável:*

*1. Reduzir o consumo de recursos;*

*2. Reutilizar os recursos sempre que possível;*

*3. Reciclar materiais em fim de vida do edifício e usar recursos recicláveis;*

*4. Proteger os sistemas naturais e a sua função em todas as atividades;*

*5. Eliminar os materiais tóxicos e os subprodutos em todas as fases do ciclo de vida.*
*6.Incorporar o custo total nas decisões económicas.”* [PINHEIRO, Manuel Duarte].

Assim, a construção sustentável emerge *as primeiras inquietações de ordem térmica, energética e ambiental, e a integrar* estratégias e sistemas que resolvam esse itens nas construções de forma a não legar às gerações futuras uma “herança envenenada”, e sensibiliza-las para a mudança, Estes edifícios tornam-se em lugares privilegiados de ensinamento direcionado para a correção holística desses mesmos problemas, cultivando conhecimentos adequados à necessidade de se assegurar uma boa qualidade de vida para todas as populações, e um reforço nos índices de respeitabilidade pelo ambiente e pela sociedade.

Partindo do princípio de que “as soluções futuras para os problemas do mundo podem ser hoje descobertas pelas crianças numa sala de aula”, a escola irá assumir um papel determinante na luta pelo incremento de um “desenvolvimento sustentável”, descobrindo e propondo soluções para a melhoria da qualidade de vida dos seres humanos, em sintonia com soluções para a prevalência do respeito pela natureza e pelo meio ambiente.

Para que possamos ter uma sociedade mais justa e mais saudável, precisamos de sensibilizar os jovens, que serão em breve as escoras dos vários sectores de deliberação e do trabalho, para os problemas, de forma a tomarem decisões corretas.

Uma “forja de espíritos” (José Martí), a Eco- Escola assume não só a capacidade de moldar as futuras gerações para as problemáticas ambientais e energéticas, como ao tornar-se um equipamento capaz de aglomerar toda uma comunidade que nele se reconhece e estima.

“*A escola é a única alavanca capaz de elevar o povo ao nível da moral” (Guerra Junqueiro).*

## 01.2- OBJETIVOS

Não apresentando um novo método de projeto ou inovação na construção de escolas sustentáveis, esta dissertação pretende ser um contributo para uma síntese dos métodos existentes, cruzando os diferentes sistemas de avaliação e certificação ambiental com casos práticos nacionais e estrangeiros.

É nesta perspetiva que este trabalho pretende ser um contributo para a abordagem voluntarista e pró-ativa dos aspetos ambientais no sector da construção, enquadrando e introduzindo as linhas de intervenção, os principais requisitos ambientais e os sistemas de gestão ambiental para a sustentabilidade da construção, com especial destaque para os ambientes construídos e respetivos edifícios.

## 01.3- METODOLOGIA E ESTRUTURA DO TRABALHO

A abordagem do tema resume-se, em termos metodológicos: à observação e análise do estado do estado atual de alguns edifícios escolares; à prática profissional adquirida na projeção de escolas para o concelho de Ourém; ao contacto com especialistas; à recolha bibliográfica livros, artigos de revista, meios de comunicação, internet, exposição de especialidade e teses existentes na área; E na analise de casos de estudo, no sentido de chegar a conclusões.

A dissertação encontra-se dividida em 5 capítulos. Neste capítulo inicial (I) que se destina à introdução, apresenta-se os princípios da construção sustentável, nascimento e desenvolvimento dos seus conceitos.

O **capítulo II** descreve-se a evolução da escola, desde os tempos arcaicos até à atualidade. Nele são tratados com destaque a história da escola portuguesa apresentando-se exemplos e topologias bem como o contexto social em que se inseriam à época.

**O capítulo III** encontra-se destinado a elaboração de critérios de sustentabilidade que se ter em conta na construção e manutenção de um edifício escolar.com base nos sistemas de avaliação de desempenho ambiental dos edifícios, o método BREEM Education e o método LiderA.

O **capitulo IV** analise de casos práticos. São apresentados escolas no território nacional e no exterior que servem como paradigmas construção de “Eco- Escolas”.

O **capítulo V** desenvolvem-se as conclusões inerentes às áreas anteriores.

*"Inteligência mais caráter.- É o objetivo da verdadeira educação"*
Martin Luther King, Jr.

## 02 - HISTÓRIA E DESENVOLVIMENTO DA ESCOLA

Neste capítulo é feita uma abordagem a Escola, a sua importância e evolução histórica. “Casas” onde se ministra o ensino, transmite conhecimento segundo programas e planos sistemáticos, os indivíduos nas diferentes idades da sua formação.

## 02.1- MUNDO

No início da humanidade, o ensino era eminentemente prático, centrado na família, passava pelo treino dos mais jovens para as técnicas de sobrevivência.

Com a sedentarização, a partir do Neolítico, o crescimento de núcleos urbanos e a complexidade da vida familiar, social e económico-política, começa-se a dar importância a religião, surgindo uma classe sacerdotal que além de formar os seus para realização de rituais e cerimónias também guarda e transmite através de narrativas a memória das origens.

Com os Gregos desenvolveram um tipo de ensino inicialmente com uma vertente militar mas depois cada vez mais individualizado, humanista (social e filosófico), deixando-se de ser tão religioso e espiritual tornando-se mais prático.

Como precisavam de agrupar os alunos e sábios em torno dos livros e coleções científicas, surge os primeiros edifícios escolares, com Isócrates a abrir a sua Escola em 393 A.C. e Platão a fundir em a Academia em 387 A.C. e Aristóteles no Liceu.

Ao conquistarem o mundo da Grécia Antiga, os Romanos mantiveram o melhor da sua cultura, acrescentando-lhe a disciplina e o respeito pela lei (tipicamente romana). Construíram escolas de influência grega (o ginásio, a escola de cálculo e de gramática) e escolas de direito.

A partir dos finais do século II da nossa era, o Império Romano, entretanto cristianizado, entrou em decadência devido a vários fatores (tais como as crises na sucessão imperial, a crise económica e social e o perigo bárbaro).

Quando, em 476, a autoridade imperial deixou de existir no Ocidente, os Bárbaros já se haviam fixado nas regiões da Europa que antes devastaram. Estes povos eram, na sua maioria, pagãos mas os seus chefes acabaram por se converter ao catolicismo.

Tendo sido a única que resistiu e sobreviveu às grandes invasões, mantendo a sua organização e servindo de apoio às populações aterradas, a Igreja Católica tornou-se a instituição mais importante da idade média.

Sendo o ensino ministrado pela Igreja, em casas privadas, em conventos, em mosteiros. Reduzindo-se a salmos, às lições das Escrituras, da língua latina seguindo uma educação estritamente cristã. Uma forma de controlo social sobre as populações que tutelam.

A partir do século XVI, com o renascimento, deu-se um período de mudança com aumento de comércio europeu e mundial a partir da expansão marítima, e a Reforma protestante e a Contra Reforma católica, que faz emergir uma nova classe social, a Burguesia, uma classe mais rica e mais conhecedora dos seus direitos e exigente, capitalista, que vê na escrita e na alfabetização uma ferramenta de trabalho e progressão social.

Para que a igreja não perdesse supremacia na educação, a partir da segunda metade do século XVI, os Jesuítas adotam novos programas e técnicas formativas do indivíduo e da sua preparação para o futuro, sem por de parte a pedagogia orientada para a erudição, a partir da tratadística clássica e das grandes obras teológicas e científicas dos cristãos.

No século XVIII, surge uma corrente iluminista, desenvolvida e teorizada por Rousseau, a "educação de acordo com a natureza". Isto é o indivíduo passa por várias fases na vida e o ensino deve adequar-se a cada uma delas, potenciando o melhor que elas tiverem e respeitando a natureza de quem aprende. Princípios que ainda hoje não foram esquecidos. E que ganharam maior importância no século XIX, com a chegada da revolução Industrial, que emerge novos polos de atividade económica e política (cidades), que atraem cada vez mais homens e mulheres (êxodo rural) em busca de futuros pessoais mais ambiciosos.

Subir na vida, construir o futuro, adaptar-se às novas formas de vida e de trabalho, e criar um cidadão capaz de participar nas estruturas democráticas do país e que promova o desenvolvimento económico, são impulsos que cada vez mais passam por caminhos sinuosos de escolaridades, logo o governo toma a obrigação reger o ensino.

Surgem assim locais próprios para o ensino (escolas), em vez de ser administrado em casa particulares ou em conventos, deixando de ser um ensino individualista e mais um ensino coletivo, nacional e público. Impondo a todas as crianças uma educação, estandardizada, estatal e obrigatória, que far-se-á de forma lenta durante todo o século XIX e princípios do século XX [INFOPÉDIA].

## 02.2- PORTUGAL

Desde a sua independência (1143), e durante os primeiros séculos de existência, o ensino foi assegurado pela Igreja. As escolas, em geral, funcionavam junto das igrejas, dos mosteiros ou das catedrais, e pouco mais se alcançava do que

uma instrução rudimentar, que assegurasse as exigências do culto religioso. A música e o canto ocupavam um lugar importante nas aprendizagens, assim como a cópia de obras sagrados, que se destinavam às celebrações litúrgicas. Os livros pela sua raridade eram uma exceção.

No reinado de Dinis, foi criada a primeira Universidade Portuguesa, em Coimbra. A criação das Universidades dependia de autorização do Vaticano, pelo que no caso de Coimbra foi o rei, apoiado pelas Cortes, que fez essa petição, justificando o facto pelos gastos que acarretava a deslocação de estudantes ao estrangeiro, nomeadamente a Salamanca.

Nos séc. XVI-XVII, com o crescimento mercantis e a expansão marítima levaram ao aparecimento de escolas nas cidades e vilas mais populosas do país, muitas vezes pagas pelos concelhos, onde os Mestres de Primeiras Letras davam instrução elementar, surgindo vários livros didáticos destinados ao ensino elementar – as gramáticas e as cartinhas ou cartilhas.

Os Jesuítas, tal como no resto da Europa, afirmam-se com os mais empenhados na educação. Fundaram, em 1542, o primeiro colégio para ensinar professores. E em 1555, é-lhe concebido pelo rei D. João III, o controlo do Colégio das Artes onde se realizava o ensino preparatório, que dava acesso à Universidade. Mas a sua influência exerceu-se um pouco por todo o país, criando colégios dedicados ao ensino que hoje designamos por 'Secundário' e dirigiam-se sobretudo às elites. Edifícios onde os estudantes dormiam e se alimentavam. A vida dos alunos foi-se confinando a esses espaços interiores, aos jardins e ao claustro, praticando uma disciplina austera e afastada do mundo.

Com o terramoto de 1755, que destruir parte ribeirinha das cidades portuguesas, incluindo Lisboa, D. Sebastião José de Carvalho e Melo (Marquês de Pombal), o governador de então, viu um pretexto na pregação dos Jesuítas, que apresentavam aquela calamidade como um castigo de Deus e exaltava os ânimos, para uma campanha contra a companhia de Jesus. Iniciou-se então a confiscação de bens que terminaria com a expulsão de todo o império português em1759.

É nesse contexto que se dá a reforma dos estudos, que acaba por abranger todos os sectores de ensino (primeiras letras, ensino secundário técnico e de humanidades, ensino universitário) e define os contornos de um sistema educativo moderno, dirigido pelo Estado, onde o ensino de Gramática Latina era gratuito.

O Marquês de Pombal confiou à Real Mesa Censória a elaboração de um plano de rede escolar com a distribuição dos lugares dos mestres de ler e escrever e

dos professores de Latim, de Grego, de Retórica e de Filosofia pelas cidades e vilas de todo país, que acompanhou a lei de 6 de Novembro de 1772. Esta foi, sem dúvida, a primeira iniciativa de organização racionalizada de um sistema de instrução pública, abrangendo os Estudos Menores.

Nesse mesmo ano, reforma a Universidade de Coimbra, à já muito tempo planeada. Que passa a orientar-se pela nova ciência – a filosofia natural - baseada na observação onde predominava os estudos de botânica, física, matemática e medicina, a exigirem a conciliação da investigação com a docência.

Com estas medidas Portugal foi pioneiro na Europa na organização de um sistema de ensino de primeiras letras, distribuído por todo o Reino, pago e administrado pelo Estado, (1772). No entanto não havia ainda a noção de que o ensino das crianças do nível elementar deveria ser feito em locais próprios, adaptados à sua idade. Geralmente a escola era a casa do professor ou salas em antigos conventos, casas alugadas pelos municípios ou pelos próprios mestres. Só no século XIX serão erigidos os primeiros edifícios escolares e promulgadas as normas a que deveria obedecer a sua construção. Contudo, só alguns estratos da população tinham acesso à instrução: nobres, filhos de burgueses, de homens de ofícios nas vilas e cidades.

Neste contexto iluminista, surge na Europa a apologia de uma educação literária das raparigas. Em Portugal Luís António Verney foi um dos defensores do ensino feminino, justificando a sua necessidade por as mulheres serem as primeiras educadoras dos filhos. Assim em 1790, a Rainha Maria I, aprova a instalação de 18 mestras em Lisboa e definiu um currículo básico composto aprendizagem da escrita, doutrina cristã e lavores domésticos ligados à costura e à educação dos filhos.

Como o país detinha das mais altas taxas de analfabetismo da Europa, as elites governativas vêem-se pressionadas a corrigir a situação. Em 1844, com o governo de Costa Cabral, decreta-se a obrigatoriedade do ensino primário e em 1852, com Fontes Pereira de Mello, dá-se a criação do Ensino Técnico, argumentando que o alicerce essencial para o progresso da nação se baseava numa formação específica de uma profissão.

É também nesta época que são construídos os primeiros edifícios escolares, muitos com ajuda filantrópica como se fazia na restante Europa. Para o efeito criaram-se regras e normas tipo, que estipulavam os edifícios de acordo com as condições de salubridade, arejamento, iluminação, técnicas de construção, localização e definição dos espaços. Esta sistematização permite classificar facilmente os edifícios por

plantas tipo e segundo o período em que foram erguidos. Fica ainda por classificar muitos edifícios oferecidos ao Estado por particulares [WARWICK].

### 02.2.1- Escolas Primárias

Os primeiros tipos de edifício do século XIX são as de 'Conde Ferreira'. Joaquim Ferreira dos Santos, o 1º Conde de Ferreira tendo ganho fortuna no Brasil, notabilizou-se em Portugal com a filantropia social, patrocinando a construção de 120 escolas primárias. De linhas clássicas, eram erguidas com fachada principal encimada por um pequeno frontão triangular e porta ladeada por duas janelas. Na fachada lateral localizava-se a porta de acesso dos alunos. A sineta, na fachada principal assinalava a hora de entrada e de saída e chamava as crianças à escola. Tinha uma ou de duas salas, e uma mais pequena para os trabalhos de costura, para biblioteca. A extensão da sala de aula seria de acordo com o método de ensino adotado. Permitia geralmente a sua utilização por 50 alunos. Na parte posterior ficava a casa do professor e sua família. Procedia-se a uma separação espacial da casa e da escola, assumindo a escola o lugar central e a residência do professor o lugar secundário, nas traseiras do edifício.

Como as escolas podiam ser para os dois sexos, mistas ou frequentadas por crianças de um só sexo. Quando mistas, havia a preocupação em separar as meninas dos meninos, quer na sala de aula quer no recreio, recorrendo a separadores amovíveis na sala de aula. Se destinada aos dois sexos a planta era como duplicada, funcionando como dois edifícios geminados. Contudo, a generalidade dos edifícios construídos eram de sala única.

**Fig.02.1:** Escola Conde Ferreira (feminina e masculina), cidade de Paredes [NEOTHEMI].

O segundo tipo de edifícios é do arquiteto Adães Bermudes, que apresentou um modelo de escola na Exposição mundial de Paris de1900, obtendo a medalha de ouro do certame.

**Fig.02.2:** Escola Adães Bermudes, Guarda [NEOTHEMI].

Eram escolas com entradas independentes para meninos e meninas, geralmente de duas salas, com grandes janelas, definidas exteriormente por uma bordadura de tijolo. As salas dividiam-se por duas alas, separadas por um corpo central mais elevado, que se destinava a casa dos professores. A função de professor adquiria na imagem projetada por esta arquitetura, toda a dignidade. Tinham recreio circundante, geralmente cercado.

Durante o período republicano (1910-1926) a responsabilidade do ensino esteve descentralizada e a cargo dos municípios, incumbindo-se o Estado de elaborar normas a que deviam obedecer as construções escolares segundo preocupações técnicas, higiénicas, que previam o recurso à iluminação elétrica e à existência de esgotos. As normas aprovadas em 1917 previam outros espaços para além das salas de aula: salas de desenho, sala de conferências, refeitório, balneário e ginásio. Estas normas defendiam projetos de cariz regionalizado, procurando que as construções utilizassem os materiais característicos dos locais. Mas a República não implementou um plano de construção consistente, pelo que muitos dos edifícios escolares projetados nesta época só serão concluídos já no período da Ditadura Militar (1926-1933).

No período da Ditadura vão ser construídas algumas escolas de acordo com a região onde se inseria (Algarve, Alentejo, Extremadura, Beira Litoral, Beira Baixa do Sul, Trás-os-Montes, Minho, Beira Baixa do Norte e Beira Alta), nomeadamente com os materiais (granito, xisto ou tijolo) e processos de construção existentes e as características climáticas de cada uma.

**Fig.02.3:** Escola do Primeiro Ciclo, Monte Real, Projeto Raul Lino [NEOTHEMI].

São projetos muito interessantes, muitos deles da autoria de Raul Lino e Rogério de Azevedo, com qualidade estética e pressupondo a existência de uma ou várias salas de aula, procurando harmonizar as fachadas com a paisagem envolvente. São escolas que têm um arranjo do espaço diferente, revelam preocupações estéticas (depuração), preveem um vestíbulo e algumas vezes uma sala dos professores.

Por ocasião do duplo centenário da fundação de Portugal (1140) e da restauração da independência, após um período de 60 anos em que Portugal fez parte da Coroa Castelhana (1640), o Estado Novo anunciou em 1944,o grande plano para a concretização da rede escolar, que daria lugar a projetos tipo designado por 'plano dos centenários'. De autoria do arquiteto Manuel Fernandes de Sá.

São uma adaptação de projetos por região em que se enquadra, onde a escola é pouco mais do que a sala de aula, um alpendre para abrigo dos alunos e os sanitários, de acordo com as normas técnicas, higiénicas e pedagógicas de 1917. Edifícios de grande singeleza, em que se retirou os elementos decorativos suscetíveis de encarecerem a construção, conseguindo assim uma maior economia por Nas

zonas rurais o edifício mais comum era de um piso com uma sala a duas salas aulas com dimensões 8m X 6m, com 3,5m de pé direito. E nos centros de maior densidade populacional construiu-se um tipo de escola urbano de 2 pisos com 4, 6 ou mais salas de aula, Nestes casos os edifícios ou eram só para um sexo apenas ou previam a separação da parte masculina e feminina.

**Fig.02.4:** Escola EB1 de Aboim, no concelho de Amarante, de 2 salas de Aula. [BROCHADO L., FERNANDES I. e MORAIS P., 2006]

Com o alargamento da escolaridade e o aumento da frequência escolar que ocorreu após a Revolução de 25 de Abril de 1974, tudo o que fora planeado na ditadura era manifestamente insuficiente e o parque escolar estava desajustado para as necessidades do país.

No período democrático, que se seguiu, foi feito um enorme esforço de requalificação dos edifícios existentes, de construção de novos, com o apoio do Estado mas sob o impulso da administração local, de acordo com novas conceções de educação [NEOTHEMI].

### 02.2.2- Parque Escolar Secundário Moderno

(Escola Preparatória, Secundária e Escola técnica)

Os primeiros “liceus” em Portugal, iniciam-se no fim do século XIX, durante a primeira República.

Dessas escolas fazem parte o Passos Manuel (1882 e 1911), do arquiteto Rosendo Carvalheira, o Liceu de Camões (1907-09), Liceu Pedro Nunes (1908-11), Liceu Maria Amália Vaz de Carvalho (1913-33) do arquiteto Miguel Ventura Terra em Lisboa, e no Porto o Liceu Alexandre Herculano (1914-27) e Liceu Rodrigues de Freitas (1927-33) do arquiteto José Marques da Silva. Onde foram aplicadas as exigências relativas à construção escolar propostas pela reforma de 1905 de Eduardo José Coelho.

**Fig.02.4:** Liceu de Camões [PEROLA DE CULTURA].

Em 1928 é criada a Junta Administrativa do Empréstimo para o Ensino Secundário (JAEES), extinta em 1939, que lança um importante concurso de arquitetura, donde se destaca o Liceu Fialho de Almeida, em Beja, da autoria do arquiteto Cristino da Silva, Liceu Latino Coelho, em Lamego, da autoria do arquiteto Cottinelli Telmo e Liceu D. João III, da autoria do arquiteto Carlos Ramos, Jorge Segurado e Adelino Nunes. Em resultado da adjudicação direta da JAEES,

Estas edificações " Em termos formais evoluem do modelo de edifício único de configuração compacta com pátios encerrados, filiado no modelo conventual dos antigos colégios como é o caso do antigo Liceu Passos Manuel em Lisboa, para uma configuração em extensão ocupando parcialmente ou na totalidade o perímetro do quarteirão urbano, podendo definir um ou mais pátios abertos, de acordo com o modelo francês de "Lycée", como é o caso dos liceus Camões e Pedro Nunes em Lisboa.

O programa funcional adotado considera um vasto conjunto de espaços letivos, em que a par das salas de aula, integra espaços específicos tais como biblioteca, anfiteatro/sala de projeções, laboratórios (então designados por gabinetes) de química, física, geografia e ciências naturais, bem como áreas associadas à prática do exercício físico. Na organização funcional, destaca-se a centralidade conferida ao sector administrativo bem como à biblioteca à qual é também atribuída a função de sala atos o que lhe confere um estatuto de respeitabilidade. As restantes áreas letivas estão descentralizadas. Posicionam-se ao longo de eixos (alas) em que os laboratórios, por razões de segurança, ocupam as zonas mais periféricas, sendo frequentes as situações em que se encontram destacados do edifício.

*"Em termos construtivos apresentam uma forte robustez, progredindo de tecnologias construtivas tradicionais às quais foram, incorporados, pontualmente, elementos inovadores à época tais como estruturas metálicas com recurso ao aço em vigas e ao ferro fundido em colunas e pavimentos em betão, para sistemas construtivos mistos de paredes autoportantes combinadas com estruturas porticadas, lajes de betão armado e coberturas em terraço*." [PARQUE ESCOLAR, 2009].

Entre 1938 e o final dos anos 60 realizaram-se dois planos de construção de edifícios destinados ao ensino secundário, elaborados por técnicos da Junta das Construções para o Ensino Técnico e Secundário (JCETS-MOP), entidade que em 1934 substitui a JAEES.

O 1º Plano de construção são "*escolas, construídas nas capitais de distrito, em zonas de elevada acessibilidade e implantadas em lotes de grande dimensão em regra coincidentes com a totalidade do quarteirão urbano. Os projetos foram elaborados de acordo com 'programas gerais' da responsabilidade, que definiam os vários sectores funcionais e estabeleciam os princípios de organização espacial*."

"*Em termos formais adotam configurações diversificadas, de base linear ou em pátio, definidas a partir da agregação de vários corpos com dois ou três pisos, e ocupando parcialmente ou na totalidade o perímetro do quarteirão urbano*."

*Em termos funcionais, organizam-se a partir de um núcleo principal, constituído por um ou mais corpos, ao qual estavam associados os espaços letivos e os serviços administrativos, localizados junto da entrada principal com acesso direto pelo exterior. Os espaços letivos agrupam-se por ciclos e em alas, com acessos independentes a partir da entrada principal. Os laboratórios localizam-se nas extremidades das alas destinadas ao 2º e 3º ciclo. A biblioteca e as instalações destinadas ao corpo docente ocupavam lugares centrais. A este núcleo associava-se um outro corpo com dois pisos, ocupado no piso térreo pelo refeitório, cozinha e balneários no piso superior pela sala da mocidade e pelo ginásio com caixa de palco para permitir a sua utilização como salão de festas com acesso independente pelo exterior. Os espaços destinados aos alunos integravam recreios cobertos e ao ar livre. A sala de convívio para os alunos é apenas introduzida na década de 60, associada a salão de festas. Nesta altura o ginásio abdica da condição inicial de polivalência ficando limitado á prática desportiva*."

O 2º Plano de construção é de escolas técnicas – para o ensino industrial, comercial e agrícola - enquadra-se no âmbito da reforma do ensino técnico-profissional, industrial e comercial.). *"Pretendia-se deste modo garantir soluções económicas e adaptáveis às condições locais."*

*"Os projetos organizavam o espaço escolar em três corpos – escolar, desportivo e oficinal – permitindo a articulação entre os vários corpos consoante a orientação e topografia do terreno. O corpo escolar, destinado às salas de aulas teóricas e aos serviços administrativos, organizava-se em altura, com uma altura máxima de 4 pisos, a partir de um corredor central com caixas de escadas laterais e segundo uma orientação que permitisse que as aulas normais ficassem expostas a Sul. O corpo desportivo com dois pisos seguia a organização adotada nos liceus. O corpo de oficinas, de piso único e isolado dos restantes espaços da escola, era dimensionado em função dos cursos ministrados."*

*"Em termos construtivos, tanto os liceus como as escolas técnicas utilizam tecnologias de construção mistas, baseadas em paredes resistentes de alvenaria ordinária de pedra rebocada sobre as quais assentavam lajes de piso e escadas de betão armado. Nalguns casos as lajes de piso são constituídas por vigotas de betão*

*pré-esforçado e abobadilhas cerâmicas, apresentando vigas perpendiculares às paredes exteriores.*
*A cobertura em telhado utiliza estruturas de madeira sendo normal a linha ser constituída por uma viga invertida em betão onde também se ligava a laje de esteira.*
*Nos revestimentos domina a madeira (soalho ou tacos) nos pisos das salas de aula e o mosaico hidráulico nos corredores. Nas paredes é aplicada massa de areia ou estuque. Nos corredores e escadas são aplicados lambrins de mosaico hidráulico. As caixilharias são em madeira ou em elementos pré-fabricados de betão armado com vidro simples.*
*O corpo das oficinas apresenta estrutura em betão armado sendo frequente o sistema de cobertura inclinada em forma de "shed", revestida com telha cerâmica ou com chapas onduladas de fibrociment*o" [PARQUE ESCOLAR, 2009].

Em 1959 e 1963, o governo português assinou um contrato com a Organização de Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE), cofinanciado para o estudo e desenvolvimento económicos no campo educacional e no campo da construção escolar, visando a otimização de soluções em função dos meios financeiros disponíveis.
Nos despachos relativos do ministro de então, o Eng.º. Francisco Leite Pinto, considerava ser indissociáveis "**fomento cultural e fomento económico, vincando a necessidade de aumentar a produtividade do trabalho**" E influenciado pelos trabalhos de Gary Becker sobre o **"capital humano**", defende que "**uma nação vale mais pelos seus homens do que pelas suas riquezas naturais. Ora, não é possível qualquer nação ser considerada culta se a sua massa produtiva tiver apenas quatro anos de escolaridade obrigatória.**"

Para o efeito foi formado o GTSCE, integrado na Junta das Construções para o Ensino Técnico e Secundário do MOP.

A investigação e os projetos-piloto desenvolvidos por este grupo de trabalho revelou-se fundamental para a evolução da arquitetura escolar em Portugal, refletindo-se na adoção de modelos ingleses, experiência desenvolvida "no pós-guerra, *numa época em que era necessário construir um número considerável de edifícios escolares num curto espaço de tempo."*

*"Apoiado na pré-fabricação dos componentes dos elementos da construção. Este processo permitiu o desenvolvimento de um sistema construtivo, tipo 'Lego',*

*baseado num conjunto de componentes, possibilitando a montagem de diferentes edifícios destinados ao ensino."*

*"A solução adotada no "projeto tipo de liceu" elegeu a tipologia pavilhonar como estratégia conceptual. A partir de um conjunto de blocos com autonomia física e funcional procurava-se responder a diferentes contextos e programas. A solução pavilhonar facilitava a adaptação dos blocos edificados a terrenos de características topográficas, de exposição, de acessos e geológicas muito diversas e desconhecidas à priori. Os diferentes blocos podiam ser ligados por uma rede de circulações externas - galerias cobertas - cujo traçado dependeria das características do terreno de implantação e que venceriam as diferenças de nível da implantação dos diferentes corpos."*

*"Esta flexibilidade de adaptação ao terreno permitia ainda ser trabalhada em altura, dentro de cada corpo, propondo o desnivelamento das várias zonas que constituíam cada corpo, possibilitando uma adaptação mais adequada à morfologia do terreno."*

*"Em Portugal, a opção pelo desenvolvimento de um projeto-tipo justificou-se pelas seguintes razões: curto prazo para execução do projeto; procura de uma maior economia compatível com as exigências pedagógicas a que o edifício deve responder, através da normalização de parte dos elementos construtivos permitindo a repetição em série desses elementos; da possibilidade de agregação de espaços técnicos especializados, correspondendo a uma substancial economia nas redes de serviço que os servem; procura de uma solução de execução fácil devido ao custo de mão-de-obra."*

*"A elaboração do projeto tipo obedeceu aos seguintes critérios orientadores: adaptação da escala do edifício à população escolar; atenuação do carácter rígido e formal do edifícios, criando no edifício um ambiente acolhedor e atraente; organização do edifício em núcleos separados admitindo a eliminação de grandes aglomerações e a especialização de cada núcleo, quer por nível de ensino, quer por especialidade (bloco de ciências, bloco social), como a criação de zonas de maior informalidade a estudo individual; utilização intensiva de todo o espaço construído.*
*As diferentes zonas e atividades que compunham o programa de liceu então adotado agrupavam-se em blocos de quatro tipos:*

**1) Bloco geral (Bloco A) destinado às atividades sociais e de conjunto e onde se localizavam as atividades escolares ruidosas (zonas de receção, administrativas, biblioteca, corpo docente, serviços gerais, canto coral);**

***2) Bloco de laboratórios (Bloco B) destinado às atividades de ensino condicionadas por material específico;***
***3) Bloco de aulas (Bloco C) destinado às aulas que não requeressem material didático específico;***
***4) Bloco de educação física que, além da sua utilização escolar, permitia a utilização alargada à comunidade local.***
*Em resumo, o desenvolvimento deste projeto contemplava a redução e a variedade de elementos construtivos, facilitando a encomenda, armazenagem e execução da obra, através de uma modelação das várias componentes de construção."* [ALEGRE, Alexandra, 2009].

*"Em termos construtivos são edifícios modulares de estrutura porticada de betão armada com lajes do mesmo material e paredes preenchidas por panos de alvenaria de tijolo rebocados e pintados com os elementos de betão aparentes.*
*As coberturas são planas, não visitáveis ou com cobertura inclinada e lanternim revestidas a placas de fibrocimento. Os vãos apresentam caixilharias de madeira ou de alumínio com vidro simples e alumínio."* [PARQUE ESCOLAR, 2009].

## 02.3- ECO- ALFABETIZAÇÃO

Com a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente realizada em Estocolmo, na Suécia, em 1972, e as grandes catástrofes naturais que têm assolado o mundo nas últimas décadas, a sociedade começa a mostrar interesse pelo ambiente e os governos definiram que a saída para mudar o mundo seria a educação.

Ensinando nas escolas, as crianças a viver segundo princípios sustentáveis, *"satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades*." (Relatório de Brundtland) e "*superar a visão antropocêntrica, que fez com que o homem se sentisse sempre o centro de tudo esquecendo a importância da natureza, da qual é parte integrante."* [PORTAL DO AMBIENTE].

E preciso oferecer ferramentas para construir para um futuro sustentável, por mais assustador e incerto possa parecer [ECOCENTRO].

*“ A melhor maneira de ensinar moralidade é torná-la um hábito nas crianças.”*

Aristóteles, filosofo grego (384- 322 A.C.)

## 03.1- LISTAGEM DE CRITÉRIOS SUSTENTÁVEIS A APLICAR NAS ESCOLAS

Neste capítulo é elaborado uma listagem praticas, medidas e soluções mais sustentáveis com base nos sistemas de avaliação de desempenho ambiental dos edifícios, o método BREEM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) Education e o método LiderA (desenvolvido pelo Professor Doutor Manuel Duarte Pinho).

Ferramentas de avaliação de rendimentos medio ambiental dos edifícios, segundo o planeamento global, que avaliam desde a contaminação atmosférica global aos impactes locais, entre os fatores que afetam a saúde humana. Que se tem na elaboração, construção e manutenção de um edifício ou centro escolar.

### 03.1.1- LIDER A – Portugal

O sistema LiderA – Sistema de Avaliação da Sustentabilidade, consiste num método de avaliação da sustentabilidade na construção que se aplica as diversas tipologias construtivas.

Divide-se em três níveis: estratégico (da ideia ao plano), projeto e gestão do ciclo de vida, tendo em vista permitir o acompanhamento nas diferentes fases de desenvolvimento do ciclo de vida do empreendimento.

**Figura 03.1**: Fases do ciclo de vida de um empreendimento [PINHEIRO , M. D., 2007 e LiderA 2007] .

Tem como objetivos: (i) apoiar o desenvolvimento de plano e projetos que procurem a sustentabilidade; (ii) avaliar e posicionar o seu desempenho, quanto à sustentabilidade, na fase de conceção, obra e operação; (iii) atribuir uma certificação através de avaliação independente; (iv) assegurar a distinção entre os edifícios e valorizar a adoção de estratégias sustentáveis enquanto facto de valorização no mercado imobiliário.

A análise da construção é realizada em seis aspetos, cada um com um peso definido no desempenho final, que se subdividem em vinte e duas áreas: integração local (14%), no que diz respeito ao solo, aos ecossistemas naturais e paisagem e ao património; recursos (32%), abrangendo a energia, a água, os materiais e os recursos alimentares; cargas ambientais (12%), envolvendo os efluentes, as emissões atmosféricas, os resíduos, o ruído exterior e a poluição ilumino-térmica; conforto ambiental (15%), nas áreas da qualidade do ar, do conforto térmico e da iluminação e acústica; vivência socioeconómica (19%), que integra o acesso para todos, os custos no ciclo de vida, a diversidade económica, as amenidades e a interação social e participação e controlo; gestão ambiental e inovação (8%), tabelas 3.1 e 3.2 [PINHEIRO, M. D., 2009 e RAMOS, Ana Teresa, 2009].

**Tabela 03.1:** Critérios de avaliação do Sistema LiderA [LiderA, 2011].

| vertente | área | wi[2] | pré-req[1] | critério | nº critério |
|---|---|---|---|---|---|
| integração local | solo | 7% | S | valorização territorial | C1 |
| | | | S | optimização ambiental da implantação | C2 |
| | ecossistemas naturais | 5% | S | valorização ecológica | C3 |
| | | | S | interligação de habitats | C4 |
| 6 critérios | paisagem e património | 2% | S | integração paisagística | C5 |
| 14% | | | S | protecção e valorização do património | C6 |
| recursos | energia | 17% | S | eficiência nos consumos e certificação energética | C7 |
| | | | S | desenho passivo | C8 |
| | | | S | intensidade em carbono | C9 |
| | água | 8% | S | consumo de água potável | C10 |
| | | | S | gestão das águas locais | C11 |
| | materiais | 5% | S | durabilidade | C12 |
| | | | S | materiais locais | C13 |
| 9 critérios | | | S | materiais de baixo impacto | C14 |
| 32% | produção alimentar | 2% | S | produção local de alimentos | C15 |
| cargas ambientais | efluentes | 3% | S | tratamento das águas residuais | C16 |
| | | | S | caudal de reutilização de águas usadas | C17 |
| | emissões atmosféricas | 2% | S | caudal de emissões atmosféricas | C18 |
| | resíduos | 3% | S | produção de resíduos | C19 |
| | | | S | gestão de resíduos perigosos | C20 |
| | | | S | valorização de resíduos | C21 |
| 8 critérios | ruído exterior | 3% | S | fontes de ruído para o exterior | C22 |
| 12% | poluição ilumino-térmica | 1% | S | poluição ilumino-térmica | C23 |
| conforto ambiental | qualidade do ar | 5% | S | níveis de qualidade do ar | C24 |
| | conforto térmico | 5% | S | conforto térmico | C25 |
| 4 critérios | iluminação e acústica | 5% | S | níveis de iluminação | C26 |
| 15% | | | S | conforto sonoro | C27 |
| vivência socioeconómica | acesso para todos | 5% | S | acesso aos transportes públicos | C28 |
| | | | S | mobilidade de baixo impacte | C29 |
| | | | S | soluções inclusivas | C30 |
| | diversidade económica | 4% | S | flexibilidade - adaptabilidade aos usos | C31 |
| | | | S | dinâmica económica | C32 |
| | | | S | trabalho local | C33 |
| | amenidades e interacção social | 4% | S | amenidades locais | C34 |
| | | | S | interacção com a comunidade | C35 |
| | participação e controlo | 4% | S | capacidade de controlo | C36 |
| | | | S | condições de participação e governância | C37 |
| | | | S | controlo de riscos naturais (safety) | C38 |
| 13 critérios | | | S | controlo das ameaças humanas (security) | C39 |
| 19% | custos no ciclo de vida | 2% | S | custos no ciclo de vida | C40 |
| uso sustentável | gestão ambiental | 6% | S | condições de utilização ambiental | C41 |
| 3 critérios | | | S | sistema de gestão ambiental | C42 |
| 8% | inovação | 2% | S | inovações | C43 |

Tabela 03.2: Vertentes e áreas de avaliação dos critérios definidos pelo LiderA. [LiderA, 2011].

### 03.1.2- BREEAM Education– UK

Em 1990, o Building Research Establishment Ltd (BRE) criou o sistema de avaliação BRE Environmental Assessment Method (BREEAM), para avaliação das melhores práticas para um desempenho sustentável em diversas tipologias de edifícios, nomeadamente os edifícios escolares [BREEAM Education, 2008].

Todas as versões abordam um conjunto de parâmetros que contribuem para o impacte ambiental da construção: gestão, saúde e bem-estar, energia, transporte, água, materiais e resíduos, utilização do solo e ecologia e, finalmente, poluição.

Após a avaliação do desempenho da construção em cada uma destas áreas são atribuídos créditos, aos quais são afetas ponderações resultantes do peso do impacte ambiental produzido para que seja possível obter um resultado final que corresponda ao desempenho global da construção em análise. Este resultado conduz a uma avaliação de acordo com a seguinte escala: Passou (36%), Bom (48%), Muito Bom (58%) e Excelente (70%) [RAMOS, Ana Teresa, 2009].

**Tabela 03.3**: Critérios e parâmetros considerados no BREEAM Education [BREEAM Education, 2008].

| Ref. | Título |
|---|---|
| **Gestão** | |
| Man 1 | **Comissão de acompanhamento** na qual exista um membro que represente o cliente para garantir que a obra será realizado em conformidade com melhores práticas |
| Man 2 | **Considerações do Construtor** - demonstração dos princípios das boas práticas da construção aplicados |
| Man 3 | **Impactos da construção no local-** |
| Man 4 | **O guia do usuário da Construção-** com informação importante para o usuário e o encarregado de construção sobre o funcionamento e o desempenho ambiental do edifício. |
| Man 5 | **Investigação do sítio-** As propriedades do solo; Linhas de Água; Químicos; Arqueologia; Zona de Proteção Ambiental; Evitar movimentação de terras. |
| Man 6 | **Consulta a comunidade local e futuros usuários** |
| Man 7 | Acomodações e Instalações Compartilhadas pela Comunidade |
| Man 8 | Segurança |
| Man 9 | **Publicação das informações do edifício** - divulgar o desempenho ambiental do empreendimento através da internet, boletins informativos, visitas, apresentações, etc |
| Man 10 | **Desenvolvimento como recurso de aprendizagem** – A construção de propostas e o espaço exterior de paisagem oferece um recurso de aprendizagem das questões ambientais que podem ser usados no currículo escolar |
| Man 11 | **Facilidade de Manutenção** |
| Man 12 | **Custo do Ciclo de Vida** |
| **Saúde e Bem-Estar** | |
| | **Iluminação** |
| Hea 1 | **Luz natural** |
| Hea 2 | **Vista par o exterior** |
| Hea 3 | **Ensobreamento** |
| Hea 4 | **Iluminação de alta frequência** - Balastros electrónicos e Balastros electrónicos |
| Hea 5 | **Níveis iluminação interna e externa-** em conformidade (lux) com recomendado pelo CIBSE |
| Hea 6 | **Zonas e controles de iluminação** - , a iluminação é devidamente zoneadas e controlável pelos ocupantes. |
| | **Ventilação e Qualidade do Ar Interior** |
| Hea 7 | **Ventilação natural** |
| Hea 8 | **Qualidade do ar interior** |
| Hea 9 | **Compostos Orgânicos Voláteis** |
| Hea 12 | **Contaminação Microbial** |
| | **Térmica** |
| Hea 10 | **Conforto térmico** |
| Hea 11 | **Zoneamento térmico** - O controle e o ajuste da temperatura está disponível pelos ocupantes para em cada espaço ocupado |
| | **Acustica** |
| Hea 13 | **Desempenho acústico** |
| | **Água** |
| Hea 16 | **Água Potável** |
| **Poluição** | |
| Pol 1 | **Refrigerante GWP - Serviços de Construção** |
| Pol 2 | **prevenção de vazamentos de refrigerante** |
| Pol 3 | **Refrigerante GWP - Cold storage** |
| Pol 4 | **Emissões de NOx de fonte de aquecimento** |
| Pol 5 | **Risco de inundação-** - utilização de áreas com baixa probabilidade de ocorrência |
| Pol 6 | **Minimizar a poluição do curso de água** |
| Pol 7 | **Redução da poluição luminosa** |
| Pol 8 | **Atenuação** |
| **Transporte** | |
| Tra 1 | **Acesso a rede de transportes públicos** |
| Tra 2 | **Proximidade a amenidades** |
| Tra 3 | **Estacionamento para bicicletas** |
| Tra 4 | **Segurança para pedestres e prática de ciclismo pedonais** |
| Tra 5 | **Plano de Viagem** |
| Tra 8 | **Zonas de Entregas e Manobras** |

| Ref. | Título |
|---|---|
| **Energia** | |
| Enea 1 | **Redução das emissões de CO2** |
| Enea 2 | **Sub-medição do uso energia substancial-** Contadores ou medidores do consumo de energia e de CO2 |
| Enea 4 | ***Iluminação externa-*** (uso de CFL e sistema de detecção de movimento) – luzes gerais e de segurança |
| Enea 5 | **Tecnologias de baixa emissão de carbono-** energia gerada a partir de fontes renováveis |
| Enea 10 | **Refrigeração** |
| **Água** | |
| Wat 1 | **Consumo de água-** usar equipamentos (torneiras, mictórios, sanitários e chuveiros) consomem menos água potável |
| Wat 2 | **Medição de água** |
| Wat 3 | **Sistema de Detecção de fugas no sistema de abastecimento** |
| Wat 4 | **2 Intensidades de descarga de Autoclismo** |
| Wat 5 | **Reciclagem da água** - Sistemas para coletar, armazenar e, quando necessário tratar a água da chuva ou água cinza para descargas de autoclismo e rega jardim |
| Wat 6 | **Sistemas de irrigação** |
| **Materiais** | |
| Mat 1 | **Especificação de materiais** |
| Mat 2 | **Paisagismo rígido e vedação** |
| Mat 3 | **Reutilização de fachada** |
| Mat 4 | **Re-uso da estrutura do edifício** |
| Mat 5 | **Uso de materiais responsáveis** |
| | **Térmica** |
| Mat 6 | **Isolamento** |
| | **Durabilidade** |
| Mat 7 | **Projetando para robustez** |
| **Transporte** | |
| Tra 1 | **Acesso a rede de transportes públicos** |
| Tra 2 | **Proximidade a amenidades** |
| Tra 3 | **Estacionamento para bicicletas** |
| Tra 4 | **Segurança para pedestres e prática de ciclismo pedonais** |
| Tra 5 | **Plano de Viagem** |
| Tra 8 | **Zonas de Entregas e Manobras** |
| **Uso da Terra e Ecologia** | |
| LE 1 | **Re-utilização da terra** |
| LE 2 | **Terras contaminadas** - medidas corretivas que são tomadas para descontaminar o local antes da construção |
| LE 3 | **Valor ecológico do local e proteção dos recursos ecológicos** |
| LE 4 | **Atenuantes do impacto ecológico** |
| LE 5 | **Melhorar a Ecologia Sitio** |
| LE 6 | **Impacto a longo prazo na biodiversidade** |
| LE 7 | **Consulta com os alunos e funcionários-** , para determinar (i) as suas necessidades educacionais e sociais para o terreno da escola, (ii) as suas ideias para o desenho no chão da escola e (iii) se a equipe de projeto mantido alunos e funcionários informado de como suas idéias foram incorporadas ao projeto. |
| LE 8 | **Parceria com a fauna local** |
| **Inovação** | |
| Man 2 | **Considerações do Construtor** – pós-construção, o Construtor certifica que o local e a obra cumpriram na integra o código de boas práticas. |
| Enea 1 | **Redução das emissões de CO2** - provas que demonstram o que edifício foi concebido para ser um edifício de carbono neutro |
| Enea 5 | **Tecnologias de baixa emissão de carbono-** |
| Wat 2 | **Medido de água-** Se os contadores sub estão equipados para permitir que plantas que consomem água, individual ou em áreas de construção a serem monitorados, tais como torres de resfriamento, lavagem de automóveis, zonas de restauração, etc. |
| Enea 1 | **Especificação de materiais** |
| Enea 5 | **Fornecimento Responsável de Materiais-** 95% que comprem a norma Breem |
| Wst 1 | **Gestão de Resíduos do local de construção** |

## 03.2- CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE PARA EDIFÍCIOS ESCOLARES

*“ De acordo com estes sistemas de avaliação de sustentabilidade é possível identificar as áreas em que cada sistema incide e os parâmetros e critérios definidos em cada um deles.*

*Em alguns casos, os critérios estão afetos a parâmetros e áreas diferentes em cada sistema o que dificulta a comparabilidade e análise dos mesmos, além de cada sistema definir determinadas áreas de intervenção e parâmetros que não são comuns entre eles.”* [RAMOS, Ana Teresa, 2009].

Para que seja possível efetuar uma listagem abrangente de critérios sustentáveis tornou-se necessário homogeneizar as áreas de intervenção e reorganizar os parâmetros e critérios. Foram assim adotadas as seguintes áreas:

▪ Integração Local;

- Energia;
- Água (abastecimento e saneamento);
- Materiais (consumo, recolha e reciclagem) e Mobiliário;
- Carga Ambiental;
- Ambiente Interior;
- Vivencia Sócio- Económica;
- Gestão Ambiental e Inovação.

## 03.3. - INTEGRAÇÃO LOCAL

Nesta secção são enquadrados os critérios relacionados com a escolha do local para implantação da construção, tabela 03.4.

| Integração local | | | |
|---|---|---|---|
| LIDER A | | BREEM | |
| Vertentes | Critérios | Ref. | Critérios |
| Integração local | | Gestão (Man) Uso da Terra e Ecologia (LE) Poluição (Pol) e Materiais | |
| **03.3.1 Local** | | | |
| Solo | Valorização territorial | Man 5 | Investigação do sítio- |
| | | Man 6 | Consulta a comunidade local e futuros usuários |
| Ecossistemas naturais | Valorização ecológica | LE 1 | Reutilização da terra |
| | Interligação de habitats | LE 2 | Terras contaminadas - |
| | | Pol 6 | Minimizar a poluição do curso de água |
| **03.3.2- Edificado** | | | |
| | Valorização territorial<br>Otimização ambiental da implantação do edificado | Man 3 | Impactes da construção no local- |
| | | Man 5 | Investigação do sítio- |
| | | Man 6 | Consulta a comunidade local e futuros usuários |
| | | Mat 3 | Reutilização de fachada |
| | | Mat 4 | Reuso da estrutura do edifício |
| **03.3.3- Proteção e Valorização da Ecologia e do Património** | | | |
| Ecossistemas naturais | Valorização ecológica<br>Interligação de habitats | Pol 6 | Minimizar a poluição do curso de água |
| Paisagem e património | Integração paisagística | LE 3 | Valor ecológico do local e proteção dos recursos ecológicos |
| | Proteção e valorização do património | LE 4 | Atenuantes do impacte ecológico |
| | | LE 5 | Melhorar a Ecologia Sitio |
| | | LE 6 | Impacte a longo prazo na biodiversidade |
| | | LE 8 | Parceria com a fauna local |
| | | Mat 2 | Paisagismo rígido e vedação |

### 03.3.1- Local

Devem ser avaliados todas as suas condicionantes, assim como as suas potencialidades, e planeadas estratégias de intervenção tendo em conta:

- Racionalização de movimentos de terras, com redução máxima de impactes ambientais [BROCHADO L., FERNANDES I., MORAIS P., 2006];
- *"O terreno escolar deve apresentar declives suaves até 5% e boas condições de salubridade e segurança"*

- *"Não ser atravessado por linhas áreas de transporte de energia, nem por valas";*
- *"Não devem situar-se em zonas ou locais sob a influência de fontes de vibrações, ruídos, poeiras, maus cheiros, gases tóxicos, perigo de incêndio ou explosão (estabelecimentos industriais e militares, carreiras de tiro, pedreiras, encostas perigosas, lixeiras).* [CENTRO ESCOLAR, 2007b].
- Recuperar edifícios e infraestruturas degradadas e reutilizar terrenos que já tenham sido construídos ou objeto de uso industrial, é um aspeto relevante a dar prioridade. Pois não põem em causa a utilização de novos solos, conduz a preservação do ecossistema local;
- Proceder a valorização das características climáticas (temperatura, precipitação, ventos, orientação solar e outros aspetos de dinâmica ambiental);
- Uma boa exposição solar, permitindo a otimização dos ganhos solares tanto para aquecimento, como para ventilação e iluminação natural;
- Ser previstas áreas de pavimentação permeável, que permita que a água atinja o solo e contribua para a manutenção dos níveis freáticos [BROCHADO L., FERNANDES I., MORAIS P., 2006];

### 03.3.2- Edificado

Deve ser executado:

- Com planta simples, o que permite a redução de custos de construção;
- A sua cércea não deve ultrapassar os limites de altura estabelecidos para a zona;
- Estratégias a aplicar no âmbito da eficiência energética;
- Articulação dos espaços interiores tendo em conta as atuais necessidades dos utilizadores e prevendo desde já as futuras;
- A aplicação de conceitos e de sistemas, com objetivo da redução de custos na manutenção da escola e, em simultâneo, utilizá-los como forma pratica para fomentar uma nova geração, preocupada com a sustentabilidade;
- Uma boa exposição solar, permitindo a otimização dos ganhos solares tanto para aquecimento, como para ventilação e iluminação natural:

  a) A orientação geográfica da fenestração, especialmente das salas de aula e dos espaços de maior permanência dos alunos, deve privilegiar o quadrante Sudeste / Su-sudeste.

b) Nas áreas envolventes dos recintos escolares não devem existir quaisquer obstáculos volumosos, naturais ou edificados, que produzam o ensombramento dos recintos.

- Face à predominância de ventos predominantes, poderá ser articulada o projeto da nova escola de forma a utilizar as barreiras vegetais existentes como protetoras dos ventos assim como criar novas barreiras.
- Também a conceção volumétrica do edifício deve ser estudada face às variações do percurso solar diário e ao longo do ano, de forma a evitar a criação de zonas exteriores húmidas e frias e a proporcionar o abrigo dos ventos e chuvas dominantes, criando zonas exteriores abrigadas, nomeadamente junto às entradas e saídas.
- Utilizar determinados produtos e subprodutos das indústrias dominantes da zona, de forma poderem ser utilizados tanto na fase de construção como na fase de manutenção da escola, nomeadamente no sistema de aquecimento;
- Projetar um edifício possível de se expandir (construção faseada) sem que sejam precisas obras de grande envergadura;
- Avaliar a disponibilidade da comunidade envolvente, de alguma forma a que se possa executar uma escola sustentável a baixo custo [BROCHADO L., FERNANDES I. e MORAIS P., 2006].

Caso já exista um edifício construído, e porque o mesmo se encontra em mau estado de conservação, o novo edifício deverá ser projetado de forma que a articulação entre o existente e o novo possa ser fácil, evitando o máximo de demolição, isto porque:

- Encarece a obra tanto ao nível de mão-de-obra para o ato da demolição como também para o transporte do entulho/materiais [BROCHADO L., FERNANDES I. e MORAIS P., 2006].

Contudo existindo demolição esta deverá respeitar os seguintes critérios:

- Criar antes de mais um plano estratégico de demolição e reutilização destes resíduos nas fases de construção do projeto e depois este processo deverá seguir as seguintes fases de desconstrução;
- Separação criteriosa de produtos a reciclar;
- Reutilização das novas e possíveis etapas da construção;
- Recuperação de alguns materiais;

- Transporte para vazadouro adequado (na ausência de centros vocacionados para o escoamento e gestão desses resíduos…) [BROCHADO L., FERNANDES, I. e MORAIS P., 2006].

### 03.3.3- Proteção Valorização da Ecologia e do Património

- O desenho da escola deverá contemplar áreas envolventes a arborizar segundo critérios seletivos, adequados às características do edifício, podendo utilizar a massa arbórea como ensombramento do edifício e assim como criar zonas de recreio com sombra, tendo em conta as características climáticas desta região;
- Deverá ser privilegiado o uso de vegetação com folhas caducas, para criar sombreamento nas épocas quentes e radiação solar nos meses mais frios.
- Ao colocar este tipo de vegetação de folha caduca, poderão reaproveitar-se as folhas para compostagem e posterior fertilização dos jardins da escola;
- Utilizar plantas nativas para minimizar as necessidades de água;
- Articular os espaços verdes existentes e os novos, de forma a diversificar a vegetação, devendo ser esta etiquetada dando assim possibilidade às crianças de aprender a conviver com diferentes tipos de vegetação.
- Na manutenção destes espaços verdes, deverão ser utilizados fertilizantes orgânicos (o que por si só já pressupõe a necessidade se preverem sistemas de compostagem em espaço escolar ou na envolvente próxima) e radicalmente banidos todos os produtos concebidos à base de derivados de petróleo ou componentes químicos perigosos;
- Ser previstas áreas de pavimentação permeável, que permita que a água atinja o solo e contribua para a manutenção dos níveis freáticos;
- Todo o sistema de rega destes espaços deverá ser planeado e estudado tendo em conta o aproveitamento da água da chuva, a qual poderá ser armazenada e utilizada para vários fins.
- Face à predominância de ventos fortes no Inverno, poderá ser articulada o projeto da nova escola de forma a utilizar as barreiras vegetais existentes como protetoras dos ventos assim como criar novas barreiras [BROCHADO L., FERNANDES I. e MORAIS P., 2006].
- Plantas no interior pode criar uma imagem visual positiva e melhorar a qualidade do ar [BUILDING BULLETIN 95,2002].

- Paisagismo também pode ser usado para melhorar segurança, por exemplo, densas plantações ou montes (embora o design deve evitar criar esconderijos);
- Prever a criação de Coberturas ajardinadas (Green Roof), Não só porque uma boa 'capa' de isolamento térmico, como diminui o uso de sistemas de arrefecimento e aquecimento e possui boas características para filtrar o pó, reduzindo as emissões atmosféricas e de outros poluentes, e filtrar a água da chuva que pode ser usada na rega dos jardins e serve para cultivar vegetais e ervas para ser consumidas no refeitório. Sendo uma ótima sala de aula exterior para o ensino de jardinagem [TIRONE e NUNES, 2007];
- As zonas exteriores da escola servem como extensão da sala de aula onde crianças com o plantio ou colheita, beneficiam de atividades calmas, desenvolver a sua confiança e aprendem a cuidar do meio ambiente;
- Plantas aromáticas ajudam pessoas com deficiências visuais a melhor se orientarem [BUILDING BULLETIN 95, 2002].

## 03.4- ENERGIA

Nesta área são avaliados os critérios que analisam o consumo e eficiência dos recursos energéticos utilizados, como demostra a tabela 03.5.

| Energia | | | |
|---|---|---|---|
| LIDER A | | BREEM | |
| Vertentes | Critérios | Ref. | Critérios |
| Recursos | | Energia (Enea) | |
| **03.4.1-** Energia Consumida | | | |
| Energia | Eficiência nos consumos e certificação energética | Enea 1 | Redução das emissões de CO2 |
| | Eficiência de equipamentos | Enea 2 | Sub-medição do uso energia substancial- |
| **03.4.2-** Sistemas Passivos | | | |
| Energia | Desenho passivo | | |
| **03.4.3-** Energia Renovável | | | |
| Energia | Intensidade em carbono | Enea 5 | Tecnologias de baixa emissão de carbono |

### 03.4.1- Energia Consumida

Antes de se escolher qualquer sistema deverão ser feitas análises de simulação, por mês e hora, sobre o consumo de energia necessária para a sua utilização e por isso antes da sua implementação será necessário selecionar o sistema mais económico para cada situação.

#### 03.4.1.1- Energia Elétrica

Na maior parte dos edifícios é a principal fonte de energia e em muitos casos a única fonte de energia utilizada.

Este tipo de energia apresenta comparativamente um custo elevado pelo que, o correto dimensionamento em projeto e a otimização de contratos e tarifas adequados aos padrões de utilização, podem representar benéficos em termos da utilização racional da energia. A seguir alguns conselhos:

-"*Escolher o contrato de fornecimento que mais se adequa ao perfil de consumos e para tal será necessário analisar a faturação energética de pelo menos um ano. Os fatores mais importantes a ter em conta são a potência contrata e faturada e o regime de utilização relacionado com o perfil diário dos consumos energéticos";*

*-" A Potência Contratada (PC) pode representar entre 10 a 20% do valor faturado. Ao analisar na faturação anual os valores mensais da Potência Tomada (PT) é possível constatar a possibilidade de redução da PC. Se a PT for sempre inferior ao longo dos*

*12 meses a PC, será recomendável a sua redução, isto desde que não estejam previstas novas máquinas e que a PT não seja inferior a 50% da potência nominal instalada (transformadores)";*

*- "Os equipamentos e máquinas industriais necessitam da Energia Reativa, a qual não produz trabalho, mas é necessária para o seu funcionamento. Nos contratos de média e alta tensão esta energia é paga fora das horas de vazio e quando o parâmetro Fator de Potência (Cosseno de Phi) é inferior a 0,93. Com a instalação de condensadores é possível compensar o fator de potência mantendo-o a um nível elevado, eliminando da fatura estes custos".*

*- "Reduzir ao máximo possível os consumos durante as horas de ponta, programando as ações de manutenção dos equipamentos e as mudanças de turno para esses períodos. Enquadrar o mais possível as horas de refeições, paragens, e formação nas horas de ponta";*

*- "Efetuar periodicamente operações de manutenção preventiva (limpeza, reapertos, etc.) aos portos de transformação, e de acordo com as indicações do fabricante. Isto permite não só aumentos na eficiência do equipamento como menor taxas de avarias";*

*- "Deve ser evitada a utilização da eletricidade como fonte térmica. Esta fonte energia é das mais caras e a fonte de energia final com maior custo energético;*

*- Os motores elétricos são os equipamentos mais disseminados, sendo responsáveis por mais de 60% do consumo de eletricidade. Se racionalizarmos a utilização dos motores elétricos é possível evitar consumos supérfluos, gerindo o arranque dos motores, utilizando sistemas de transmissão eficientes, utilizando motores corretamente dimensionados, utilizando motores de "Alto Rendimento"* [Eficiência Energética em Edifícios (b)].

**03.4.1.2- Eficiência de Equipamentos**

Os equipamentos mais consumidores de energia e água são os equipamentos de frio, arrefecimento e iluminação, logo deve-se:

-Usar equipamentos mais eficientes que contribuem para a poupança de energia e água. Ou substituir equipamentos antigos por modelos mais eficientes, traduzir-se-á numa redução anual cerca de 30% do consumo total de energia elétrica.

-Utilizar racionalmente os equipamentos; no período de funcionamento de equipamentos das horas de ponta para horas de vazio, deverá optar pela tarifa bi-horária, obtendo as vantagens económicas decorrentes da utilização daqueles equipamentos nos períodos de mais baixo custo energético.

- Certificar que os equipamentos detêm etiquetagem energética, para a prossecução da redução do consumo energético e de emissões de gases com efeito de estufa. [DGGE / IP-3E, 2004].

## 03.4.2- Sistemas Passivos

Dispositivos construtivos integrados nos edifícios, através das quais podemos melhorar o comportamento e a eficiência energética das construções, satisfazendo os níveis de conforto e utilização, iluminação ou ensombramento, aquecimento ou arrefecimento natural.

### 03.4.2.1- Sistemas de Aquecimento Passivo

- Ganho Direto: "No *sistema de ganho direto, o espaço a aquecer dispõe de vãos envidraçados bem orientados por forma a possibilitar a incidência da radiação no espaço e nas massas térmicas envolventes (paredes e pavimentos) ";*

- Ganho Indireto ou desfasado: *"Nos sistemas de ganho indireto, a massa térmica dos sistemas é interposta entre a superfície de ganho e o espaço a aquecer. A massa térmica absorve a energia solar nela incidente, sendo posteriormente transferida para o espaço. Esta transferência pode ser imediata ou desfasada, conforme a estratégia de circulação (ou não) do ar que for adotada – Parede de Trombe, Parede Massiva, Colunas de água";*

- Ganho Isolado *(Espaço Estufa ou Coletor de Ar): "Nos sistemas de ganho isolado, a captação dos ganhos solares e o armazenamento da energia captada não se encontram nas áreas ocupadas dos edifícios, pelo que operam independentemente do edifício. Os espaços estufa são exemplos deste sistema e utilizam a combinação dos efeitos de ganho direto e indireto A energia solar é transmitida ao espaço adjacente à estufa por condução através da parede de armazenamento que os separa e ainda por convecção, no caso de existirem orifícios que permitem a circulação de ar";*

### *03.4.2.2- Sistemas de Arrefecimento Passivo*

Ventilação Natural: *"A circulação de ar contribui para a diminuição da temperatura interior e ainda para a remoção do calor sensível armazenado na massa térmica. Tem*

*também implicações em termos de conforto térmico, ao incentivar perdas de calor por convenção e evaporação nos ocupantes".*

Arrefecimento pelo Solo: *"O solo, no Verão, apresenta temperaturas inferiores á temperatura exterior, constitui-se como uma importante fonte fria e poderá, no período de Verão, intervir como uma fonte de dissipação de calor, dissipação esta que pode ocorrer por processos diretos ou indiretos".*

Arrefecimento Evaporativo: *"Esta estratégia baseia-se na diminuição de temperatura associada à mudança de fase da água do estado líquido ao estado de vapor. Quando o decréscimo é acompanhado de um aumento do conteúdo do vapor de água, trata-se de um arrefecimento evaporativo direto. Neste caso, o ar exterior é arrefecido por evaporação da água, antes de entrar no edifício".*

*Arrefecimento Radiativo: "A emissão de radiação por parte dos elementos da envolvente exterior de um edifício poderá ser utilizada no arrefecimento do mesmo. As perdas por radiação ocorrem durante os períodos diurnos e noturnos, tratando-se pois de um processo contínuo. É, no entanto, durante o período noturno que os seus efeitos se fazem mais sentir em virtude da ausência de radiação solar direta".* [Eficiência Energética em Edifícios (a)]

## 03.4.3- Energia Renovável

No cumprimento da nova legislação deverá recorrer-se a energias renováveis. Formas de energia cuja taxa de utilização é inferior à sua taxa de renovação. As suas fontes podem ter origem terrestre (energia geotérmica) gravitacional (energia das marés) e solar (energia armazenada na biomassa, energia de radiação solar, energia hidráulica, energia térmica oceânica e energia cinética do vento e das ondas). Também são consideradas fontes de energia renovável os resíduos agrícolas, urbanos e industriais [Lícidia, 2006].

### 03.4.3.1- Energia Solar

*"Energia renovável proveniente dos raios solares que pode ser, utilizada com (ativo) ou sem (passivo) recurso a equipamentos. Recorrendo a equipamentos ela pode ser convertida em eletricidade (fotovoltaica e térmica) ou em calor (térmica)."*

Solar Térmico: "*Sistemas que utilizam a radiação solar principalmente para o aquecimento de águas, podendo também produzir-se vapor e eletricidade a partir destes sistemas.* "Aplica-se em:

- Aquecimento das águas sanitárias,

- Aquecimento de ambientes, através radiadores de agua quente,

-Arrefecimento de ambientes;

- Fornos ou cozinhas solares;

- Destoxificadores (aproveitamento dos raios UV para a descontaminação de efluentes orgânicos contaminados);

-Dessalinizadores (através da incidência solar separa-se a água do sal, tornando-a potável).

Solar Fotovoltaico: "*Sistemas que convertem diretamente a radiação solar em eletricidade."* Aplica-se:

- Em edifícios (paredes e telhados) para reduzir o custo energético e/ou vender o excedente de produção à rede elétrica.

-Zonas remotas, de difícil acesso, onde os custos da montagem de linhas elétricas são superiores ao sistema fotovoltaico, ou existe a impossibilidade deste tipo de fornecimento;

-Na bombagem de água para irrigação, sinalização, alimentação de sistemas de telecomunicação, etc.;

-Em micropotência como relógios, máquinas de calcular, etc.;

-Veículos de recreio, para movimenta-los [Portal das Energias renováveis].

As vantagens da energia solar é que esta não polui durante o seu uso, a sua manutenção é mínima e é cada vez mais potente ao mesmo que seu custo de equipamentos vem decaindo, é excelente em lugares remotos ou de difícil acesso, pois sua instalação em pequena escala não obriga a enormes investimentos em linhas de transmissão.

As desvantagens são que os seus preços são muito elevados em relação aos outros meios de energia e tem variações de produção de acordo com a situação atmosférica (chuvas, nevoeiro, neve) e os meses do ano e pouco eficientes quando comparadas, por exemplo, aos combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás), a energia hidroelétrica e a biomassa [PORTAL ENERGIA (d)].

### 03.4.3.2- Energia Eólica

Energia com fonte no vento resultante do deslocamento de massas de ar, derivado dos efeitos das diferenças de pressão atmosférica entre duas regiões distintas, influenciado por efeitos loca como a orografia e a rugosidade do solo [Portal das Energias renováveis].

Conversão: Produção de energia

A energia cinética, resultante das deslocações de massas de ar, pode ser transformada em:

- Energia mecânica através de aeromotores (usados para a extração de água de poços) e moinhos de vento (utilizados desde a antiguidade para moer cereais ou para bombagem de água) e velas (usadas para mover barcos).

**Figura 03.2:** Turbinas eólicas em alto mar, próximo de Copenhaga.
[Diferentes Tipos de Energia- http://grupodecienciasenergia.blogspot.com].

- Energia elétrica através de:

a) Turbinas eólicas ou aerogeradores de Eixo Horizontal (HAWT's Horizontal Axis Wind Turbines) Atualmente a maior parte são constituídas com três pás, no entanto é possível e existem turbinas com duas e apenas uma pá (eventualmente com menor custo em material). A principal desvantagem, destas turbinas com duas ou uma pá é a menor estabilidade da turbina. [PORTAL ENERGIA (c)].

b) Turbina Eólica de Eixo vertical (VAWT's Vertical Axis Wind Turbines): baseiam-se num princípio semelhante as clássicas noras de água, onde a água chega perpendicularmente em relação ao eixo de rotação da nora.

As principais vantagens são a independência da direção do vento, no entanto os esforços nas pás exercidos pela força centrífuga limita a sua velocidade e maior rendimento em comparação com as turbinas de eixo horizontal. As principais desvantagens são a s velocidades junto do solo baixas (junto da parte inferior do rotor), o arranque "forçado" para funcionar em caso de substituição do rolamento principal é necessário desmontar toda a turbina.

**Fig. 03.3:** Aerogerador Vertical ou Rotor do tipo darrieus.
[WIKIPEDIA, Aerogerador- http://pt.wikipedia.org/wiki/Aerogerador#Rotores_de_eixo_vertical].

As <u>vantagens</u> da energia eólica é a sua inesgotabilidade, poderem ser utilizadas tanto em conexão com redes elétricas, como em lugares isolados, não sendo necessário a implementação de linhas de transmissão para alimentar certas regiões (que possuam aerogeradores), pouca manutenção, redução da dependência energética do exterior e os custos com manutenção são baixos e o consumo de combustível é zero.

A principal <u>desvantagem</u> é o custo de construção ser muito elevado, sendo necessário agrupar-se em parques eólicos, concentrações de aerogeradores, para que a produção de energia se torne rentável [PORTAL ENERGIA (c)].

**03.4.3.3- Energia Geotérmica**

Energia obtida a partir do calor proveniente da Terra, mais precisamente do seu interior. Funciona graças à capacidade natural da Terra e/ou da sua água subterrânea em reter calor. [Portal das Energias renováveis].

*"Para que possamos entender como é aproveitada a energia do calor da Terra devemos primeiramente entender como nosso planeta é constituído. A Terra é formada por grandes placas, que nos mantém isolados do seu interior, no qual encontramos o magma, que consiste basicamente em rochas derretidas. Com o aumento da profundidade a temperatura dessas rochas aumenta cada vez mais, no entanto, há zonas de intrusões magmáticas, onde a temperatura é muito maior. Essas*

*são as zonas onde há elevado potencial geotérmico"* [WIKIPÉDIA, Energia Geotérmica].

*"Existe uma grande quantidade de energia sob a forma térmica que é transmitida para a crosta terrestre sobretudo por condução. Esta representa uma potência de 10.000 vezes da energia consumida por ano no mundo atualmente"*

Conversão: Alta Temperatura

*"Este recurso está geralmente associado a áreas de atividade vulcânica, sísmica ou magmática. A estas temperaturas (> 150 °C) é possível o aproveitamento para a produção de energia elétrica. Existe na Ilha de São Miguel, Açores uma moderna central geotérmica"*

Conversão: Baixa Temperatura

*"Resultam geralmente da circulação de água de origem meteórica em falhas e fraturas e por água residente em rochas porosas a grande profundidade com temperaturas inferiores a 100ºC."*

*"Aproveitamento de polos termais existentes (temperaturas entre 20 e 76 °C): exemplos disso são os aproveitamentos em Chaves e S. Pedro do Sul com cerca de 3 MWt a temperaturas de cerca de 75 °C a funcionar desde a década de oitenta."*

"*Aproveitamento de aquíferos profundos das bacias sedimentares: caso do projeto geotérmico do Hospital da Força Aérea do Lumiar, em Lisboa, obtida a partir de um furo com 1.500 m de profundidade com temperaturas superiores a 50 °C, a funcionar desde 1992*." [Portal das Energias renováveis].

Uso de bombas de calor que funciona como um equipamento elétrico que retira o calor de um lugar e o transfere para outro, tal como o frigorífico. Que aproveita a energia no exterior da casa por um sistema de captação (horizontal, vertical ou lençol freático), e o transfere para dentro de casa por um circuito térmico (pavimento radiante, radiadores ou ventilo-convetores).

Captação vertical: são sondas (tubos sob pressão em polietileno nos quais circula água glicol ada) colocadas num ou vários furos de 80 a 120 metros de profundidade.

Captação horizontal: são sondas colocadas horizontalmente à superfície do terreno a 60 cm de profundidade conforme a orientação geográfica. Este sistema precisa de uma superfície de terreno de 1,5 a 2 vezes a superfície habitável a aquecer.

Captação por lençol freático capta o calor da água de um lençol freático com um furo profundo geralmente de 8 a 50 metros, segundo as regiões.

A bomba de calor capta a energia contida, não no solo como na captação horizontal ou vertical, mas na água do lençol freático que se mantém a uma temperatura constante todo o ano (de 9º a 12ºC). Este sistema bombeia a água por perfuração num primeiro furo a montante do lençol freático, e em seguida deposita-a num segundo furo, ou num poço perdido a jusante do lençol freático [Geotérmica em Portugal].

**Figura 03.4:** Funcionamento de uma Bomba de Calor [Portal- Energia (a)].

As vantagens desta energia, é ser uma energia limpa que gera eletricidade sem consumir combustíveis fósseis, permite poupar energia (75% de eletricidade numa casa) uma vez que substitui ar condicionado e aquecedores elétricos. Apesar de ser barata a manutenção da bomba de sucção de calor (que por estar situada no interior da Terra ou dentro de um edifício não está exposta ao mau tempo e a vandalismo), tem como desvantagem o elevado custo inicial.

### 03.4.3.4- Energia Biomassa

É a energia química, produzida pelas plantas na forma de hidratos de carbono através da fotossíntese – processo através do qual as plantas e organismos autotróficos transformam energia luminosa em energia química processando o dióxido de carbono (CO2) juntamente com a água (H2O) e minerais que, no caso das plantas, são normalmente retirados do solo através das raízes. Este processo produz assim compostos orgânicos (glicose e amido) e oxigénio gasoso (O2), sendo assim o único processo na Terra que fornece oxigénio aos organismos vivos.

Há três classes de biomassa: a biomassa sólida, líquida e gasosa.

*"A biomassa sólida tem como fonte os produtos e resíduos da agricultura (incluindo substâncias vegetais e animais), os resíduos das florestas e a fração biodegradável dos resíduos industriais e urbanos."*

*"A biomassa líquida existe em uma série de biocombustíveis líquidos com potencial de utilização, todos com origem nas chamadas "culturas energéticas". São exemplos o biodiesel, obtido a partir de óleos de colza ou girassol; o etanol, produzido com a fermentação de hidratos de carbono (açúcar, amido, celulose); e o metanol, gerado pela síntese do gás natural."*

*A biomassa gasosa é encontrada nos efluentes agropecuários provenientes da agroindústria e do meio urbano. Está presente também nos aterros de RSU (resíduos sólidos urbanos). Estes resíduos são resultado da degradação biológica anaeróbia da matéria orgânica, e são constituídos por uma mistura de metano e gás carbónico. Esses materiais são submetidos à combustão para a geração de energia.*

*A partir de processos como a combustão, ela é utilizada na produção de energia calorífica, elétrica e mecânica (como as máquinas a vapor ou motores de combustão interna).*

**Figura 03.5:** Briquetes e Pelets, resíduos procedentes da limpeza florestais e indústrias madeireiras. [Diferentes Tipos de Energia].

*As vantagens desta energia é o seu o baixo custo de aquisição, ser renovável, permitir o reaproveitamento de resíduos, ser pouco poluente, não emitir dióxido de carbono, altamente fiável e a resposta às variações de procura é elevada. A biomassa sólida é extremamente barata, sendo as suas cinzas menos agressivas para o ambiente.*

*As desvantagens são de provocar a desflorestação de florestas. Além da destruição de habitats, possui um menor poder calorífico quando comparada com outros combustíveis. A queima de biocombustíveis líquidos contribui para a formação de chuvas ácida, e ainda se encontram dificuldades no transporte e no armazenamento de biomassa sólida* [Portal-Energia (b)].

## 03.5- ÁGUA

Neste âmbito são enumerados os critérios relacionados com o consumo e a gestão sustentável dos sistemas de abastecimento e saneamento e a utilização de água reciclada. Expresso na tabela 03.6.

| **Água** | | | |
|---|---|---|---|
| LIDER A | | BREEM | |
| Vertentes | Critérios | Ref. | Critérios |
| **Recursos** | | **Saúde e Bem-Estar** (Hea), Água (Wat) e Poluição (Pol) | |
| **03.5.1- Água Potável** | | | |
| Água | Consumo de água potável | Hea 16 | Água Potável |
| | | Wat 1 | Consumo de água |
| | | Wat 2 | Medição de água |
| | | Wat 3 | Sistema de Deteção de fugas no sistema de abastecimento |
| | | Wat 4 | 2 Intensidades de descarga de Autoclismo |
| **03.5.2- Recolher e Reutilizar Água** | | | |
| Água | Gestão das águas locais | Wat 5 | Reciclagem da água - |
| | Tratamento das águas residuais | Wat 6 | Sistemas de irrigação |
| Cargas ambientais | Efluentes | Pol 6 | Minimizar a poluição do curso de água |

### 03.5.1- Água Potável

Deverão ser implementadas soluções que permitam:

- Ter um saudável fornecimento de água potável, e que possa ser facilmente distribuída por torneiras ou bebedouros;
- Ser fornecida água quente nas zonas de banho e cozinhas, sem que temperatura exceda 43ºC, para reduzir o risco de queimaduras;
- Caso possível existir cisternas para armazenar águas frias, para o caso de haja falha no abastecimento de água, o edifício possa continuar a operar;
- No armazenamento de água quente deve se reduzir a acumulação de calcário e o risco de legionelose;
- Não usar e tentar remover tubagens de chumbo pois são um perigo para a saúde pública e substitui-las por cobre que inibir a formação de bio filmes, que são o terreno fértil para legionela e outras bactérias.
- Capacidade de armazenamento por aluno descrito na tabela a seguir:

**Tabela 03.7:** Capacidade de Armazenamento por aluno pelo período de 24 horas por diferente tipo de escola [Building Bulletin 87, 1997].

| ESCOLAS | CONSUMO |
|---|---|
| Creche e primária | 15 litros por aluno |
| Secundário e técnico | 20 litros por aluno |
| Internato | 90 litros por aluno |

Nota: Estes números supõem que as refeições são prestadas no local. Em muitas escolas, este é não é o caso. Na prática, oito horas de armazenamento é mais realista e quatro horas deve ser suficiente na maioria dos casos.

- Implementar sistemas de gestão de águas através de:
  - Colocação de autoclismos com dois tipos fluxo, para que se utilize a quantidade de água de acordo com o necessário;
  - Colocação de torneiras com temporizador ou sensores de funcionamento, evitando esquecimentos de torneiras abertas essencialmente nas instalações sanitárias das crianças.
- Uma articulação das canalizações de forma a que o sistema implementado tenha fácil acesso em caso de manutenção e com circuitos pequenos de forma a garantir um baixo custo de execução e manutenção [BUILDING BULLETIN 87, 1997].

### 03.5.2- Recolher e reutilizar água

- A recolha e reutilização das águas pluviais para posterior utilização em sistemas de rega e nos autoclismos dos sanitários, contribuindo assim para a redução das necessidades de água não potável da rede;
- Criar uma lagoa de água cinzentas (Wetland) que com a ajuda de plantas aquáticas filtra e depura as águas das chuvas e das instalações sanitárias e depois reutiliza na rega do jardim e nos autoclismos das instalações sanitárias.

## 03.6- MATERIAIS E MOBILIÁRIO

Neste item são enumerados os critérios como a dos materiais e possibilidade da sua desmontagem, reutilização e reciclagem, a sustentabilidade dos bens duráveis e a tipologia de consumíveis utilizados com a consequente origem dos materiais. Tabela 03.8.

| **Materiais** | | | |
|---|---|---|---|
| LIDER A | | BREEM | |
| Vertentes | Critérios | Ref. | Critérios |
| Gestão e Recursos | | Materiais (Mat) e Resíduos (Wst) | |
| **03.6.1- Materiais** | | | |
| Materiais | Materiais locais | Mat 1 | Especificação de materiais |
| | Materiais de baixo impacte | Mat 3 | Reutilização de fachada |
| | Durabilidade | Mat 4 | Reuso da estrutura do edifício |
| Gestão | Reciclagem de resíduos | Mat 5 | Uso de materiais responsáveis |
| | | Mat 7 | Projetando para robustez |
| | | Wst 1 | Gestão de Resíduos do local de construção |
| | | Wst 2 | Reciclagem de Agregados de Construção |
| **03.6.2- Mobiliário** | | | |

### 03.6.1- Materiais

Para a construção do novo edifício escolar deverão ser escolhidos materiais segundo alguns critérios:

- Um desenho eficiente aproveita ao máximo, os materiais (diretos e indiretos) reduzindo a produção de resíduos, possui cuidados da intensidade de materiais envolvidos na estrutura, invólucro, interior e serviços do edifício e dispensa acabamentos desnecessários e produtos em áreas não requeridas, reduzindo assim a intensidade necessária em materiais;
- A utilização de materiais produzidos localmente (até um máximo de 100 km), para diminuição dos custos inerentes a transporte e consumo de combustíveis, assim como para dar novas oportunidades de mercado às entidades fabris da zona;
- Utilizar materiais reciclados, reutilizados ou renováveis reduz a necessidade de novos materiais serem extraídos, com os impactes associados a essa extração, bem como, em muitos casos, a transformação exige menos energia e dispõe de menos impactes ambientais;

- Deverá ser garantida a seleção e avaliação de todos os materiais vindos da desconstrução do edifício existente, de forma a estes possam ser reutilizados na nova construção;
- Aquando da escolha dos novos materiais para a execução da obra, estes deverão ter como critério de seleção produtos que incorporam pouca energia e pouca matéria-prima;
- Banir todos os produtos concebidos à base de derivados de petróleo ou componentes químicos perigosos;
- Utilizar materiais certificados ambientalmente (pelo rótulo ecológico ou outros sistemas de certificação reconhecidos) assegura o seu baixo impacte, energia incorporada e a baixa toxicidade;
- Selecionar materiais possíveis de serem reutilizados ou reciclados no futuro;
- Minimização de resíduos da construção;
- "Design" de baixa manutenção;
- Um dos critérios de seleção deverá ser o nível e o tipo de manutenção exigido pelo material a aplicar durante todo o seu tempo de vida/uso, evitando elevados custos e a utilização de produtos tóxicos na sua manutenção e limpeza [BROCHADO L., FERNANDES I. e MORAIS P., 2006];
- "A *visibilidade e a qualidade";*
- *"A redução dos impactes negativos ambientais resultantes da sua exploração";*
- *"A redução das anomalias e dos custos de manutenção";*
- *"A economia e a produtividade";*
- *"Todos os materiais a selecionar deverão ser pouco poluentes, sem emissões de componentes voláteis orgânicas, formaldeídos ou partículas (pelo que será de evitar o recurso, por exemplo, a carpetes, adesivos, compósitos de madeira e contraplacados)";*
- *"Maior polivalência de funções, embora com dificuldades de desconstrução para reciclagem, mas de fácil reutilização - importância do uso de técnicas reversíveis, tais como argamassas e colas, ligações por encaixe, ligações a seco em componentes industrializados, etc.."*
- *"A utilização de materiais naturais, mais renováveis, com menos energia primária incorporada, facilmente recicláveis e reutilizáveis (a terra crua, a pedra natural, a madeira, a cortiça, o cânhamo, as mantas de lã de fibras de coco, etc.) e para a utilização de materiais compósitos, (pedidos ou não por*

*encomenda), resultantes da associação de matérias-primas (com menor volume de utilização), com outros materiais. "* [REAES PINTO].

- A madeira usada seja certificada, proveniente de fontes sustentáveis [BUILDING BULLETIN 95,2002].

### 03.6.2- Mobiliário

É o elemento fundamental do interior da escola. Este aspeto foi transcrito nos questionários dos alunos, na qual os alunos incluíam os assentos confortáveis e a melhor altura dos quadros na sua lista ideal para ter uma boa escola.

Deve-se considerar no momento de conceber uma escola os seguintes aspetos:

- A boa qualidade dos acabamentos e equipamentos pode custar inicialmente mais, mas se durar mais, ter uma menor manutenção, logo o custo é menos;
- As escolas devem ser concebidas para ser lugares acolhedores e estimulantes. Pode ser necessário ter em consideração aspetos de ordem estética, trabalhos artísticos, esquemas de cor, aromas, texturas, e design de paisagismo, que contribuem com o melhor bem-estar e identidade com os seus usuários.
- Cores e acabamentos superficiais (internamente e externamente) podem auxiliar os deficientes visuais e idosos a orientar-se;
- A escolha do mobiliário pode ajuda na flexibilidade tornando-se mais fácil criar ou reconfigurar espaços dentro de um espaço.
- Mesas e cadeiras devem ser leves o suficiente para se mover para se adequar às diferentes atividades. Mobiliário fixo deve ser evitado a não ser essencial, em que restringe a sua arrumação. Os quadros devem, na medida do possível, ser úteis para um conjunto de atividades diferentes.
- "Trolleys" ajudam na flexibilidade porque eles são um bom recurso para um espaço de transformar a sua função [BUILDING BULLETIN 95,2002].

## 03.7- CARGA AMBIENTAL

Nesta área são avaliados os critérios relacionados com os tipos de emissões resultantes da atividade de construção e utilização do edifício e a utilização de soluções para a recolha e reciclagem dos resíduos (Tabela 03.9).

| **Cargas Ambientais** | | | |
|---|---|---|---|
| LIDER A | | BREEM | |
| Vertentes | Critérios | Ref. | Critérios |
| Cargas Ambientais | | Poluição (Pol) e Resíduos (Wst) | |
| **03.7.1- Efluentes** | | | |
| Efluentes | Tratamento das águas residuais | Pol 6 | Minimizar a poluição do curso de água |
| | Caudal de reutilização de águas usadas | | |
| **03.7.2- Emissões** | | | |
| Emissões atmosféricas | Caudal de emissões atmosféricas | Pol 4 | Emissões de NOx de fonte de aquecimento |
| **03.7.3 Resíduos** | | | |
| Resíduos | Produção de resíduos | Wst 1 | Gestão de Resíduos do local de construção |
| | Gestão de resíduos | Wst 3 | Armazenamento de materiais recicláveis |
| | Reciclagem de resíduos | | |
| **03.7.4 Efeito Térmico** | | | |
| | Poluição ilumino-térmica | Pol 7 | Redução da poluição luminosa |
| **03.7.5 Ruído para o Exterior** | | | |
| Ruído exterior | Fontes de ruído para o exterior | | |

### 03.7.1- Efluentes

A nível de águas residuais, reduzimos a sua contaminação e o seu consumo através de:

- Recolha e reutilização das águas pluviais para posterior utilização em sistemas de rega e nos autoclismos dos sanitários, contribuindo assim para a redução das necessidades de água não potável da rede;
- Na criação de uma lagoa de água cinzentas (Wetland) que com a ajuda de plantas aquáticas filtra e depura as águas das chuvas e das instalações sanitárias e depois reutiliza na rega do jardim e nos autoclismos das instalações sanitárias.

### 03.7.2- Emissões

Deve-se controlar, com tendência para a eliminação, gazes nocivos ao ambiente e à saúde humana:

- Selecionar materiais pouco poluentes, sem emissões de componentes voláteis orgânicas (VOC'S), formaldeído ou partículas (pelo que será de evitar o recurso, por exemplo, a carpetes, adesivos, compósitos de madeira e contraplacados);
- Ter atenção as combustões decorrentes no edificado, que utilizam combustíveis fósseis, que dão origem à produção de gases responsáveis pelo efeito estufa e que provocam o aquecimento do global. Dióxido de carbono (CO2), Metano (CH4), Óxido Nitroso (N2O), e que tem consequências catastróficas, particularmente no derretimento dos glaciares, aumento do nível das águas dos oceanos e dos lagos, que submergem ilhas e amplas áreas litorais. O superaquecimento das regiões tropicais e subtropicais contribui para intensificar o processo de desertificação e de proliferação de insetos nocivos à saúde humana e animal, a destruição de habitats naturais, multiplicação de secas, inundações e furacões, com sequelas de destruição e morte. Podemos contornar a sua emissão com a tomada de meios e sistemas eficazes, bem como da utilização de energias não renováveis;
- Não empregar o uso CFC's, composto formado por Carbono, Cloro e Flúor, que costumava ser usado em gases de refrigeração e latas de aerossóis e é um dos responsáveis pela redução da camada de ozono;
- Ter em atenção a possível existência de Radão no interior do edifício. O Radão trata-se de um Gás que se difunde em ambientes de convívio humano através de materiais de construção, solos, água, que ao ser inalado podem ocasionar lesões [PINHEIRO, M D, 2011, BREEAM Education, 2008 e WIKIPÉDIA].

### 03.7.3- Resíduos

<u>Reciclagem e reutilização</u>

- Recuperar edifícios e infraestruturas degradadas e reutilizar terrenos que já tenham sido construídos ou objeto de uso industrial é um aspeto relevante a dar prioridade. Ao não por em causa a utilização de novos solos, conduz à preservação do ecossistema local;

- Empregar-se resíduos de demolição, de forma a diminuir o uso de matéria-prima e dos depósitos de aterros, além de serem mais baratos. Exceto quando os resíduos vêm de longe;
- Empregar agregados britados ou provenientes de alvenarias recicladas na execução de novas estruturas de betão, pavimentos, etc. [PINHEIRO, M D, 2011 e BREEAM Education, 2008].

Resíduos e sistemas de recolha

Criar espaços de recolha seletiva, por metal, papel e vidro, em zonas de cafetarias, circulação e administração. E encorajar os alunos a participar na recolha do lixo e sua separação [BROCHADO L., FERNANDES I. e MORAIS P., 2006].

Compostagem

Desenvolvimento de uma zona de compostagem, de forma a criar fertilizantes orgânicos, para ajudar na manutenção dos espaços verdes [BROCHADO L., FERNANDES I. e MORAIS P., 2006].

## 03.8- AMBIENTE INTERIOR

Neste âmbito são analisadas questões relacionadas com a qualidade do ar interior e conforto dos ocupantes (tabela 03.10).

| **Ambiente Interior** | | | |
|---|---|---|---|
| LIDER A | | BREEM | |
| Vertentes | Critérios | Ref. | Critérios |
| Conforto Ambiental e Cargas Ambientais | | Saúde e Bem-estar (Hea) e Poluição (Pol) | |
| **03.8.1- Ventilação e Qualidade Ar Interior** | | | |
| Qualidade do ar | Níveis Qualidade de Ar | Hea 7 | Ventilação natural |
| | | Hea 8 | Qualidade do ar interior |
| | | Hea 9 | Compostos Orgânicos Voláteis |
| | | Hea 12 | Contaminação Microbial |
| **03.8.2- Conforto Térmico** | | | |
| Conforto térmico | Conforto Térmico | Hea 10 | Conforto térmico |
| | | Hea 11 | Zoneamento térmico |
| Efeito térmico | Poluição ilumino-térmica | | |
| **03.8.3- Acústica** | | | |
| Sonora | Conforto Sonoro | Hea 13 | Desempenho acústico |
| Ruído exterior | Fontes de ruído para o exterior | | |
| **03.8.4- Iluminação** | | | |
| Iluminação | Produção de resíduos | Hea 1 | Luz natural |
| | Gestão de resíduos | Hea 2 | Vista par o exterior |
| | Reciclagem de resíduos | Hea 3 | Ensombramento |
| | | Hea 4 | Iluminação de alta frequência - |
| | | Hea 5 | Níveis iluminação interna e externa- |
| | | Hea 6 | Zonas e controles de iluminação - |
| | | Pol 7 | Redução da poluição luminosa |

### 03.8.1- Ventilação e Qualidade Ar Interior

O principal objetivo da ventilação é a de proporcionar boa qualidade do ar interior em ambas estações. No Verão, pode ser desejável para remover indesejados ganhos calor que conduzem ao sobreaquecimento do espaço. No inverno limita-se o uso de ventilação de forma a não perder o calor existente no interior.

Existem muitos fatores que influenciam a qualidade do ar nas escolas, tais como condições de humidade, alérgenos de ácaros em tapetes, os CVC's, pó e o bolor nos sistemas de ventilação mecânica devido a má manutenção e poluição externa.

Estudo feitos nas escolas da Finlândia indica que para uma boa qualidade de ar, há que limitar a concentração de dióxido de carbono, 1500ppm (partes por milhão) se for natural, e os 1000ppm para espaços com ventilação mecânica. Sendo

frequentemente encontrados nas salas de aula das escolas, concentrações de dióxido de carbono de 2000 a 3000 ppm. (Nota: O valor limite para um adulto é de oito horas de exposição contínua a dióxido de carbono é de 5000 ppm, afetando o seu desempenho) [BUILDING BULLETIN 87, 1997].

A ventilação controlável ou renovação de ar fresco deve ser como descrito na tabela em baixo:

**Tabela 03.11:** Renovação de ar fresco por espaço [Building Bulletin 87, 1997].

| Renovação de ar | Ar fresco (l/s/p) |
|---|---|
| Todos os Espaços de maior | > 3 litros |
| Enfermarias e salas de isolamento | > 8 litros |
| Instalações Sanitárias | > 6 litros |

(l/s/p) litros de ar fresco por segundo e por pessoa

### 03.8.1.1-Ventilação natural

A ventilação natural é o método preferido de ventilação nas escolas, não só a regular as temperaturas no interior, como também o nível de humidade e a acumulação de poluentes. Logo a escola não deve ser hermética:

- Deve ser erigida em espaços com paredes meias com o exterior;
- Devem existir janelas que possam ser abertas, grelhas, para permitir a ventilação natural, e ser e facilmente controlado pelos ocupantes;
- A profundidade das salas não devem ser superiores a 15m [BREEAM Education, 2008]
- *Quando nas salas de aula exista uma só fachada exterior, pode recorrer-se a bandeiras de porta reguláveis ou a vãos basculantes abertos para as circulações"* [CENTRO ESCOLAR, 2007b].

Ventilação cruzada (varrimento)

Quando a sala "*tem duas fachadas em orientações solares opostas a ventilação cruzada torna-se possível com um efeito muito forte e positivo, porque o ar quase nunca está à mesma temperatura nas fachadas opostas de um mesmo edifício viajando, por isso, do lado onde está mais fresco para o lado onde está mais quente e refrescando o espaço que atravessa. "* [TIRONE NUNES].

Nos espaços de ensino devem prever-se a ventilação cruzada, a partir de 1,80 m de altura [CENTRO ESCOLAR, 2007b].

Ventilação convenção

Como o ar quente é mais leve do que o frio, introduz-se ar fresco nas salas pelo chão e por convenção natural, o ar aquecido dos ocupantes e do equipamento é extraído pelo teto, levando consigo o ar poluído.

Purga noturna

A noite abre-se as janelas motorizadas para permitir a entrada de ar fresco dentro das salas, empurrando o ar quente e viciado acumulado durante o dia, arrefecendo assim o edifício durante a noite. [*WESTERN ONTARIO UNIVERSITY,* BROWNSTONE, R. e MEDINA, P. e SCHLEMMMER]

**03.8.1.2- Ventilação Mecânica**

a. Quando a ventilação natural se revelar insuficiente e muitos usuários tem dificuldade em abrir as janelas, é necessário recorrer a sistemas automáticos ventilação e de aberturas de janelas, para fornecer ventilação;
b. Espaços como Instalações Sanitárias, cozinhas, laboratórios e áreas produtoras de vapor de água ou fumos, devem ser equipados com extratores de fumos e abastecimento de ar mecânicos.
c. Os ar-condicionados não são geralmente exigidos nas escolas e devem ser evitados pelo seu alto custo e consumo de energia. Pode ser localmente necessária em algumas escolas já existentes onde há uma alta concentração de computadores e um pobre controlo interno e externo de calor.
d. Antes de escolher qualquer sistema de ventilação mecânica, deve-se fazer analises de simulação por, mês e hora sobre o consumo [BUILDING BULLETIN 87, 1997].

## 03.8.2- Conforto Térmico

*"O ambiente térmico no interior do edifício resulta de diversos fatores nomeadamente da temperatura do ar, da temperatura irradiada pelas superfícies envolventes, da humidade relativa do ar e da sua movimentação, fatores estes que dependem em grande parte do comportamento térmico do edifício."*

- Os níveis de conforto térmico dentro do edifício devem aproximar-se dos valores limite de 15° C e de 24° C, respectivamente para o Inverno e para o Verão, considerando o valor médio da humidade relativa entre 35% e 70%, conforme descrita na tabela em baixo [CENTRO ESCOLAR, 2007b]:

**Tabela 03.12:** Conforto Térmico [Building Bulletin 87, 1997].

| Espaços | Temperatura °C |
|---|---|
| Espaço onde há o nível normal de atividade física associada a ensino, estudo privado ou exames | 18 |
| Espaço onde há uma menor nível de atividade de física por motivo de doença física ou deficiência, incluindo gabinetes médicos, salas de isolamento e zonas para dormir, | 21 |
| Espaço onde há um maior nível físico atividade (por exemplo decorrentes de educação física) e lavabos. | 15 |

- Cada divisão deve ter um sistema de aquecimento, em qualquer período ocupação, ser capaz de manter a temperatura do ar, a uma altura 0,5 m acima do nível chão, no nível especificado no quadro abaixo, para as áreas especificas quando a temperatura do ar exterior está-1ºC [Building Bulletin 87, 1997];
- *Nas zonas climáticas I2 e I3, definidas pelo Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) - Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril, deve prever-se um sistema ativo de aquecimento;*
- O aquecimento deve ser projetado de acordo com o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) - Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4de Abril; [CENTRO ESCOLAR, 2007b].
- Cada espaço que tenha sistema de aquecimento deve ser aquecido, durante qualquer período ocupação uma temperatura apropriada;
- Nenhuma escola, creche ou alojamento de ensino deve ter radiadores e tubagens expostas, que a atingem temperaturas de superficiais superiores aos 43ºC, passíveis de originar queimaduras;

a) Otimizar o isolamento dos tetos e paredes e calafetar e selar para diminuir a infiltração e as perdas de calor, mas também para tornar as superfícies internas do edifício mais quente e reduzir o risco de condensação;

- Utilizar paredes e tetos com boa massa estrutural para usar como fonte de calor radiante;
- Desvão das coberturas seja ventilado [BUILDING BULLETIN 87, 1997].

Sistema Passivo de Aquecimento

Podemos obter ganhos de calor solar se tivermos em atenção a orientação solar do edifício, pois janelas viradas a Oeste e Sudoeste são mais propícias a maior risco de sobreaquecimento.

Estes podem ser minimizados através da introdução de palas de sombreamento pelo exterior e cortinas pelo interior sendo o sombreamento do vidro pelo lado exterior o mais eficaz. No entanto, isto exige cuidado conceção de dispositivos de sombreamento para evitar o dom prejudicando a iluminação natural de uma sala de aula [Building Bulletin 87, 1997].

Sistema Ativo de Aquecimento

A escolha de sistema de aquecimento e de combustível, deve ser baseado em cálculos do carbono emitido, eficiência do sistema e o seu valor atual, tendo em conta o capital, manutenção e despesas correntes.

Proponho a utilização de Radiadores que são geralmente os mais adequados emissores de calor para o espaço de ensino, quer economicamente a sua manutenção, quer na montagem. Já os pisos radiantes não são os mais aconselháveis, devido ao seu custo de montagem. As Bombas de calor podem ser uma opção viável, especialmente em escolas rurais longe de grandes redes de gás [BUILDING BULLETIN 87, 1997].

Controle de aquecimento

Os controlos de aquecimentos para controlar ou ajustar as diferentes temperaturas nos diferentes compartimentos devem ser fiáveis e, tanto quanto possível automáticos. E fornecer o controlo de tempo variável, com início perfeito.

Para que qualquer pessoa possa alterar períodos de aquecimento, ajustar feriados, e alargar os períodos de aquecimento. Investir no controle equipamento produz um retorno rápido de investimento [BUILDING BULLETIN 87, 1997].

Excessos de Calor

Devemos ter em atenção os excessos de calor acidentais, a partir de energia solar, equipamentos de ensino (computadores, quadro eletrónicos brancos, projetores e retroprojetores) e acessórios para iluminação, e a densidade de ocupação da sala de aulas, que podem ser indesejados.

O primeiro meio de suprimir os indesejados excessos calor é o de ventilação natural. Portanto deve se ter em atenção a conceção do edifício, de forma que a ventilação natural possa ser feita, deve se evitar espaços de plano de fundo e prever ventilação cruzada e por convenção.

Outras das formas de minimizar os ganhos de calor é através isolamento das paredes e telhado. E no caso de ganhos solares do uso de sistemas sombreamento solar por utilização de vidros especiais, palas de sombreamento, persianas ou cortinas [BUILDING BULLETIN 87, 1997].

### 03.8.3- Acústica

*"De acordo com o Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro, que estabelece o regime legal sobre a poluição sonora - Regulamento Geral do Ruído, as escolas são consideradas zonas sensíveis, pelo que não devem ser localizadas junto de vias de tráfego intenso ou de instalações que exerçam atividades ruidosas de carácter permanente."*

*"Os edifícios escolares devem ser concebidos de forma a proporcionar aos seus utilizadores condições satisfatórias de conforto acústico, devendo ser tida em conta a sua localização em relação a fontes de ruído exteriores à escola ou provenientes do próprio recinto escolar."*

*"A conceção e a construção dos edifícios escolares devem respeitar os requisitos acústicos regulamentados pelo Decreto-Lei n.º 129/2002, de 11 de Maio - Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, com vista a melhorar as condições de qualidade da acústica desses edifícios."*

*"O edifício escolar e os seus elementos de compartimentação devem ser concebidos e dimensionados de forma a que a transmissão sonora entre os locais interiores, em condições normais de utilização, não perturbe as atividades que neles se realizem."*

a) *"Todos os espaços de ensino, a sala de alunos, o refeitório e o átrio principal, devem ser dotados, pelo menos no teto, com revestimento de absorção acústica";*
b) *"As paredes interiores devem assegurar aos locais que confinem ou separem, um isolamento sonoro satisfatório relativamente aos sons de condução aérea produzidos em locais contíguos";*
c) *"Considerando a possibilidade de transmissão de ruído através da estrutura e das paredes divisórias, devem evitar-se situações de sobreposição e de contiguidade entre espaços habitual ou eventualmente ruidosos e outros que requeiram ambientes calmos e silenciosos";*
d) *"Na escolha dos elementos construtivos e decorativos devem privilegiar-se os que oferecem absorção acústica apropriada"* [CENTRO ESCOLAR, 2007b];
e) As atividades ruidosas podem perturbar os que necessitam de sossego, logo a localização dos espaços devem ser considerados na fase de planeamento;
f) As paredes exteriores devem limitar o ruído intrusão como o barulho do trafego automóvel e o ruído da chuva;
g) Para que haja uma boa compreensão de um discurso, deve de ser de pelo menos 10 decibéis acima do nível de ruído de fundo na orelha do ouvinte (maior se os alunos têm deficiência auditiva);
h) Determinadas atividades ou debate com um grupo de alunos ou o estudo silencioso, necessitam de um bom isolamento sonoro mais que outras atividades;
i) Por essa razão deverá existir espaços fechados, na escola, para estas atividades;
j) Incorporar isolamento de vibração em aparelhos barulhentos;
k) "Open spaces" podem ser muitas vezes bem-sucedido, mas apenas para algumas atividades e quando eles contem um nível razoável de absorção sonora.
l) Espaços de grande concentração (por exemplo, cozinhas e refeitórios) devem ser localizados longe de espaços de ruído sensível (salas de música e biblioteca) [BUILDING BULLETIN 95, 2002].

### 03.8.4- Iluminação

#### 03.8.4.1-Luz natural

Ao desenhar uma escola deveremos ter como premissa o uso de luz natural, os benefícios inerentes prendem-se com a minimização dos consumos energéticos com iluminação artificial e climatização, melhoria do ambiente de trabalho e aumento da produtividade:

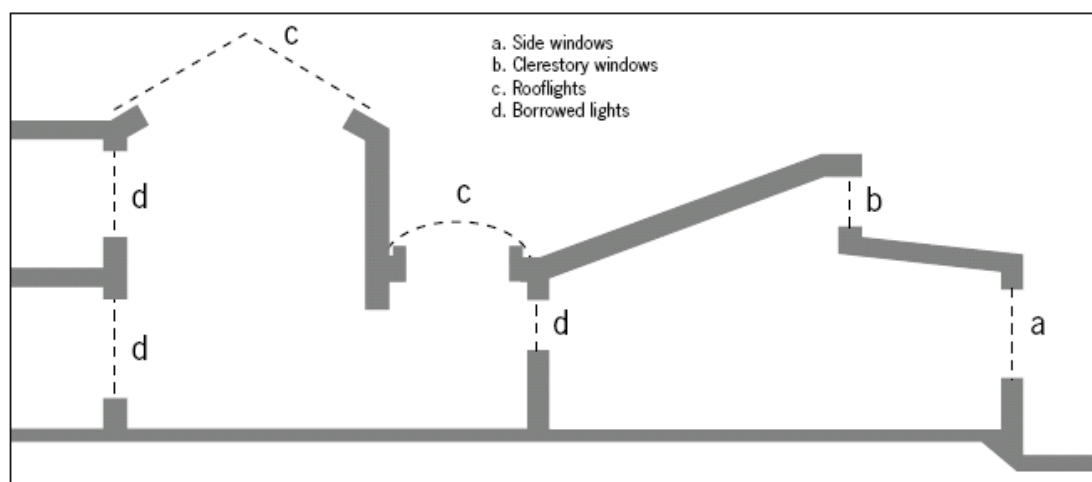
a. *"As áreas das superfícies envidraçadas devem ser calculadas de acordo com a zona climática e as características da região e do local onde a escola está implantada."*
b. *"Devem reduzir-se ao mínimo as aberturas de vãos a Norte, como forma de evitaras perdas térmicas durante o Inverno e, a Poente, para evitar a grande incidência solar durante o Verão e o decorrente sobreaquecimento."*
c. *"Nos espaços de ensino a iluminação natural deve ser preferencialmente bidirecional, sem incidência direta de raios solares nos planos de trabalho nem reflexos nos quadros de giz. A geometria dos vãos deve propiciar a iluminação dos tetos e a penetração em profundidade da luz natural, com vista a homogeneizar o nível de iluminação nas salas"* [CENTRO ESCOLAR, 2007b].

**Figura 03.6:** Sala de Aula. [BUILDING BULLETIN 90, 1999].

d. Reduzir a fenestração da fachada nascente e poente pois estas recebem o dobro da radiação que a fachada sul;
e. Aumentar as janelas na fachada sul para maximizar o calor;
f. Potencializar a luz natural em todos os espaços com o objetivo de reduzir a luz artificial e consumo de energia para aquecimento;

g. Caso se verifique que existe excesso de radiação luminosa deverão ser criadas estratégias ou elementos de ensombramento, podendo ser feitos através de massa arbórea ou elementos externos;

h. Os vãos envidraçados das salas de aula devem ter proteções solares exteriores e interiores. As proteções exteriores são do tipo palas horizontais para Sul e verticais para Nascente e Poente, ou outros elementos fixos, semifixos ou amovíveis, que evitem a incidência direta dos raios solares nos envidraçados a partir da meia estação (entre Março e Setembro). As proteções interiores, do tipo cortinas reguláveis e não opacas, destinam-se a evitar a incidência solar direta nos planos de trabalho durante a estação fria (entre Setembro e Março), altura em que é desejável que o sol incida diretamente nos envidraçados, de forma a produzir o aquecimento natural dos espaços interiores (sistema passivo de ganho direto).

**Figura 03.7:** Tipos de Janelas [BUILDING BULLETIN 90,1999].

a) Janelas laterais com vista para o exterior quando não têm nenhum edifício que obstrua a sua vista;
b)Janelas de topo no telhado do átrio permitir ganhar luz solar brilhante;
c)Claraboias;
d)Janelas de empréstimo ou de acrescento que dão para o átrio.

Nota: Podemos observar que com uso de um átrio, conseguiu-se abastecer de luz natural e ventilação as zonas mais distantes da rua.

i. A geometria dos vãos deve propiciar a iluminação dos tetos e a penetração em profundidade da luz natural, com vista a homogeneizar o nível de iluminação nas salas.

j. Quando existe dificuldade em iluminar o fundo dos espaços profundos deve-se usar claraboias viradas para sul, evitando assim o uso de luz artificial.
*k.* Deve-se tirar partido da luz refletida para reforçar a luminosidade dos espaços.
l. As janelas, além de ser tratada como uma fonte de iluminação e proporcionar uma visão para o exterior, servem também para ventilar.
m. Uma boa luz pode enaltecer o espaço, logo torna-se importante na escola, não só por razões estéticas, como também funcionais [BUILDING BULLETIN 90,1999].

**03.8.4.2- Iluminação artificial**

- A Iluminação elétrica serve de complemento da luz natural.

-Deve-se utilizar balastros eletrónicos de alta frequência para lâmpadas fluorescentes com alto lúmen por watt e com longa vida [BUILDING BULLETIN 90,1999].

*- "Manter os sistemas de iluminação limpos (lâmpadas, iluminarias, refletores e difusores) ";*

*- "Evitar a iluminação do tipo incandescente, quer convencional quer halogéneo, uma vez que apresenta baixa eficiência e tempo de vida relativamente curto".*

*- Na iluminação de grandes espaços onde a restituição da cor não seja importante, preferir lâmpadas de vapor de sódio da alta pressão, que são mais eficientes que as lâmpadas de vapor de mercúrio";*

*- "Para iluminação exterior poderão ser utilizadas lâmpadas de vapor de sódio da baixa pressão, que apesar de apresentar um índice de restituição da cor muito baixo (fator menos importante nestas aplicações), são as mais eficientes;"*

*- A aplicação de balastros eletrónicos pode representar reduções de consumos na ordem do 20 a 30%"* [Eficiência Energética em Edifícios (b)];

- Lâmpadas florescentes na qual a iluminância pode ser regulada em relação as convencionais, são preferidas por tremerem pouco e não irritarem a vista;

- Nos espaços com luz natural, devem incorporar-se sistemas automáticos, sondas crepusculares que reduzam automaticamente a luz elétrica com o aumento da luz natural e detetores de movimentos que podem controlar e reduzir o uso de luz artificial quando o espaço não está a ser utilizado.

- Pode ser necessário fornecer flexibilidade na iluminação para permitir tarefas específicas e diferentes atividades.

- Dentro da escola, não existe apenas espaços que necessitam de luz e ar, existem também zonas que necessitam de sombra e privacidade, como as salas de conto.

-Devem ser usadas lâmpadas com Cor Temperatura 2800K - 4000K.

**Figura 03.8:** Interruptores de Luz que encorajam os alunos a reduzir o uso de iluminação elétrica, quando a luz do dia é adequada., na Birchensale Middle School [SCHOOLS FOR THE FUTURE, 2006].

- A iluminação no exterior é essencial para iluminar à noite as fachadas do edifício, os percursos ou estrada, a prática de atividades e desportos ao ar livre e facultar aos seus utentes segurança e proteção. Recomenda-se que toda a iluminação externa seja fornecida com luzes com uma eficácia de pelo menos 65 lumens por watt do circuito e que sejam equipadas com controlo de tempo e de luz.
- Ter em atenção a poluição luminosa que pode incomodar a vizinhança da escola. Sugere-se uma controlada e adequada seleção da distribuição luminosa das luminárias evitando o "derramamento de luz" e pelo uso de holofotes com palas de proteção [BUILDING BULLETIN 90,1999].

### 03.8.4.3-Níveis de iluminação

"*A fim de se evitar a fadiga visual dos utentes originada, quer pela inadequação do nível de iluminação relativamente ao uso dos espaços e às atividades neles exercidas, quer por ultrapassagem dos níveis máximos de tolerância visual e por contrastes de luminosidade que gerem encandeamento, quer ainda pela instabilidade e má qualidade da luz, deverão ser tidos em conta os seguintes requisitos":*

*q1) "A luminância das fontes luminosas que se encontrem no campo visual (a menos de 520 acima da horizontal) não deve ser superior a 2000 cd/m2";*

*q2) “A relação das luminâncias das superfícies com probabilidade de serem abrangidas simultaneamente no campo visual do professor e dos alunos não deve ser superior a 20”;*

*q3) “A luminância máxima instantânea das fontes luminosas não deve exceder em mais de 20% a sua luminância média”;*

*q4) “O índice de reprodução cromática das fontes luminosas deve ser superior a 85%em todos os locais de atividade”;*

*Q5) “Nos aparelhos de iluminação devem ser previstos dispositivos que permitam a correção do efeito estroboscópico e de ondulação”* [CENTRO ESCOLAR, 2007b].

**Tabela 3.13:** Iluminância, Uniformidade Rácio e Índice de Encandeamento [BUILDING BULLETIN 90, 1999].

| | Iluminância lux | Uniformidade Rácio (a) | Índice de Encandeamento |
|---|---|---|---|
| Salas de Aula | 300 a 350 | 0,3 a 0,4 para paredes iluminadas | 19 |
| Áreas de trabalho pormenorizado (pintura) | 500 | 0,8 | 19 |
| Zonas de Circulação:<br>• Corredores e Escadas (pavimento);<br>• Zonas de espera e entrada;<br>• Zonas de receção. | 80- 120<br>175- 250<br>250- 350 | - | 19 |
| Iluminação de emergência | 10 | - | 19 |

### 03.8.4.4- Cor e Reflexão

*“As crianças são muito sensíveis à cor e aos seus potenciais efeitos, como fadiga, depressão, excitação, alegria, etc. Logo o colorido interior dominante dos espaços de ensino e de apoio, bem como das circulações, deve ser em cores alegres em tons claros e alto valor de reflexão.”*

1. São desaconselhadas as paredes brancas que causam fadiga preferindo-se as cores combinadas entre o amarelo e o verde azulado, em tons claros.
2. Para maior difusão da luz, os tetos devem ser preferencialmente brancos, com um poder de reflexão superior a 75% e acabamento mate.
3. A parede da janela deve ser colorida, para reduzir o contraste da vista exterior
4. Os elementos estruturais e decorativos devem ser em cores alegres, fortes, quentes quem animem o ambiente da sala de aula.

5. Deve ser usado contraste na decoração para ajudar na orientação espacial, como os manípulos e batentes das portas, interruptores e tomadas, nas mudanças de direção nos corredores, mudanças no nível chão, as escadas e degraus [D.G.R.E., Min. Educação, 1994].

**Tabela 03.14:** Tabela de Cores [D.G.R.E., Min. Educação, 1994].

| | |
|---|---|
| Frias | Azuis, cinzentos, lilases, verdes alface, etc. |
| Quentes | Vermelhos, cor de rosas, laranjas, etc. |
| Alegres | Laranjas, amarelos, verdes claro, cor de rosas, etc. |
| Calmantes | Verdes, cremes, etc. |
| Tristes | Azuis, cinzentos, castanhos, lilases, verdes azeitona, etc. |

Ter em atenção aos acabamentos de alto brilho, pois podem ser fontes de brilho e reflexão indesejadas.

6. A cor aparente das luzes elétricas produz diferentes níveis de aquecimento ou arrefecimento dos espaços.
7. A cor refletida pelo revestimento das empenas exteriores, dentro das salas de aula deve ser ter em conta para não causar incomodidade.
8. A escolha das cores é importante na superfície na medida em que afeta não só a superfície refletida, mas também a impressão visual global.
9. No entanto, para o espaço ter um aceitável "aparência de leveza", será necessária a utilização de superfície de elevada reflexão, obrigando o acabamento de uma parede não ser inferior a 0,6, um teto a 0,7 e os acabamentos polidos de tetos e paredes devem ser evitados para minimizar a confusão reflexões e brilhos.
10. Parede do quadro deve ter valor de reflexão entre os 0.3 - 0.5.
11. A conceção de grandes áreas de envidraçados podem ser perigosas, porque criam brilhos, encandeamento e clara visão do espaço.
12. Deve se ter em a atenção com reflexões de luz proveniente das iluminarias e da janelas nos monitores e nas superfícies dos quadros brancos. Podem-se reduzir com uso de materiais mate nas secretarias.
13. Na parede do quadro não deve haver janelas, para evitar o encadeamento, as iluminarias devem-se localizar por cima ou em frente, sem causar brilhos.

**Tabela 03.15:** Valores aproximados para diferentes tipos de acabamentos [BUILDING BULLETIN 90, 1999].

| REFLEXOS | |
|---|---|
| Cor das Pinturas | Reflexo |
| Branco | 0.85 |
| Creme | 0.7 |
| Cinzento claro | 0.45 |
| Cinzento médio | 0.15 |
| Cinzento-escuro | 0.1 |
| Preto | 0.05 |
| | |
| Materiais Interiores | |
| Papel Branco | 0.8 |
| Carpete | 0.45- 0.1 |
| Parede de tijolos | 0.3 - 0.2 |
| Parede de pedra | 0.1 |
| Vidro das janelas (normal) | 0.1 |

14. -Luzes ou janelas no fundo do corredor causam irritação porque só exibe as silhuetas dos objetos e perigosa porque causa brilhos cegantes. Janelas e luzes laterais são preferíveis [BUILDING BULLETIN 90, 1999].

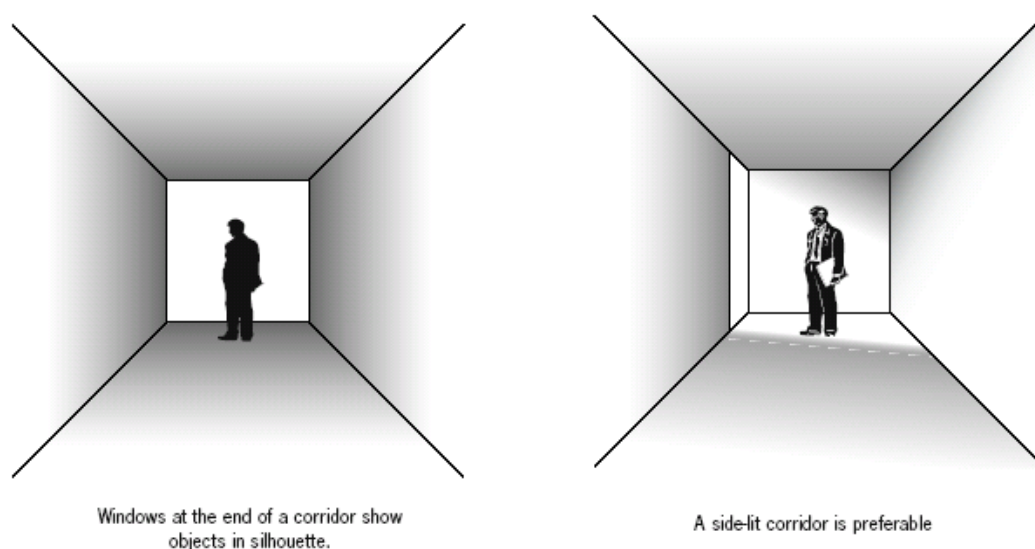



**Figura 03.9:** Benefícios da luz lateral no corredor [BUILDING BULLETIN 90, 1999].

**03.8.4.5-Iluminação de Emergência**

De acordo com Regime Jurídico da Segurança Contra Incêndio em Edifícios (RJ-SCIE), Decreto-Lei n.º 220/2008, o edifício tem que ser abastecido com sinalética, equipamento de combate a incêndio e iluminação de emergência [CENTRO ESCOLAR, 2007b].

A iluminação só é utilizada durante a noite em zonas de circulação e em espaços de maior concentração (salas polivalentes, ginásios, refeitórios, etc.), e tem como objetivo em conjunto com a sinalética de revelar passagens seguras para fora do edifício [BUILDING BULLETIN 87,1997].

## 03.9- VIVENCIA SÓCIO- ECONÓMICA

Nesta área enquadram-se os critérios de acessibilidade, mobilidade, flexibilidade, adaptabilidade e durabilidade (tabela 03.16)

| **Vivencia Sócio- Económica** | | | |
|---|---|---|---|
| LIDER A | | BREEM | |
| Vertentes | Critérios | Ref. | Critérios |
| Vivência Socio- Económica | | Transportes (Tra), Gestão (Man) e Materiais (Mat) | |
| **03.9.1- Acessibilidade e Mobilidade** | | | |
| Acesso a todos | Acesso aos transportes públicos | Tra 1 | Acesso a rede de transportes públicos |
| | Mobilidade de baixo impacte | Tra 2 | Proximidade a amenidades |
| | | Tra 3 | Estacionamento para bicicletas |
| | Soluções inclusivas | Tra 4 | Segurança para pedestres e prática de ciclismo pedonais |
| | Amenidades Locais | | |
| | Interação com a Comunidade | Tra 5 | Plano de Viagem |
| | | Tra 8 | Zonas de Entregas e Manobras |
| | | Man 7 | Acomodações e Instalações Compartilhadas pela Comunidade |
| **03.9.2- Flexibilidade e Adaptabilidade** | | | |
| | Flexibilidade - Adaptabilidade aos usos | Man 7 | Acomodações e Instalações Compartilhadas pela Comunidade |
| | Dinâmica económica | | |
| **03.9.3- Durabilidade** | | | |
| | Custos no ciclo de vida | Mat 7 | Projetando para robustez |
| | | Man 12 | Custo do Ciclo de Vida |

### 03.9.1- Acessibilidade e Mobilidade

Consiste na facilidade de acesso e de uso de ambientes, produtos e serviços por qualquer pessoa e em diferentes contextos. Envolve o Design Inclusivo, oferta de um leque variado de produtos e serviços que cubram as necessidades de diferentes populações (incluindo produtos e serviços de apoio), adaptação, meios alternativos de informação, comunicação, mobilidade e manipulação [GODINHO, Francisco (2010)].

#### 03.9.1.1- Mobilidade de Baixo Impacte

Para reduzir o baixo impacte de mobilidade terá que:

- Existir boas acessibilidades, com rede viária já infraestruturadas e em bom estado de conservação, estabelecidas através de uma rede de estradas municipais, devidamente pavimentadas, que garante condições de segurança para todos aqueles que transportam as crianças até à escola, que permitem a

rápida e eficaz ligação quer aos principais núcleos da aldeia, quer à rede de estradas nacionais.

- A escola ficar num ponto estratégico, com equidistância relativamente equilibrada ao nível do tempo de percurso entre os vários aglomerados urbanos [BROCHADO L., FERNANDES I. e MORAIS P. (2006)];
- “Localizar-se de preferência “em zonas consolidadas urbanisticamente e com ligações fáceis e seguras, a pé e por transporte público, aos locais de residência da população a servir. “ [CENTRO ESCOLAR,2007b ].
- Considerando-se que os acessos a escola e as suas ligações à rede de transportes escolares ou públicos não devem obrigar ao atravessamento de obstáculos perigosos (linhas férreas, pontes, etc.) nem situar-se junto de vias de trânsito rápido ou intenso [CENTRO ESCOLAR, 2007b].
- Criar ciclovias, se possível, já que muitos vezes a envolvente da localização da escola apresentar uma topografia acidentada, tornado mais difícil a adesão a este tipo de meio de transporte [BROCHADO L., FERNANDES I. e MORAIS P., 2006];
- O sítio deverá ter em conta aqueles que chegam de veículo. Ser suscetível de ter mais visitantes ocasionais, incluindo pessoal de apoio comunidade e usuários. Considere:
  a) A possibilidade de mais parques de estacionamento para visitantes;
  b) Pessoas com vagas de estacionamento, para carros perto das entradas;
  c) Acesso a rotas de transporte público;
  d) Espaço para deixar e largar os miúdos;
  e) O acesso à escola deve ser separado da entrada de serviço e da entrada da comunidade [BUILDING BULLETIN 95, 2002].

**03.9.1.2- Transporte s Públicos**

- Existir nas proximidades transportes públicos num raio de 500m, frequência de 15 minutos para o centro urbanos, caso não seja possível poderá a Câmara Municipal disponibilizar um autocarro para transporte das crianças, por forma a contribuir para a diminuição do uso de carros individuais e consequente aumento de consumo de combustível;
- Os autocarros com pouca emissão de gases, e que usem energia renovável (biodiesel, energia solar, metano, gás);

- Reciclar o respetivo parque de autocarros, adaptando-os para a utilização de combustíveis não poluentes transporte [BROCHADO L., FERNANDES I. e MORAIS P.,2006].

### 03.9.1.3- Acessibilidade a pessoas portadoras de deficiência

**“** *As instalações escolares devem estar livres de barreiras que impeçam a sua utilização por pessoas com mobilidade condicionada, nomeadamente as que se desloquem em cadeiras de rodas, considerando-se que lhes deve ser facultada a possibilidade de acesso a todos os espaços de ensino, de apoio e sociais, tanto no interior do edifício como no exterior. Devem ser cumpridas as condições de acessibilidade, constantes do Decreto-Lei n.º 163/2006, de 8 de Agosto*” [CENTRO ESCOLAR, 2007b].

### 03.9.1.4- Acessibilidade e relações com a comunidade

**“***A crescente abertura da escola à comunidade tem feito sobressair e valorizar a relação de complementaridade entre a escola e os demais equipamentos urbanos (jardins, parques, equipamentos desportivos, culturais e sociais, designadamente outras escolas, creches, ATL, centros da 3.ª idade), pelas vantagens e benefícios, tanto de natureza educativa como cultural, social e financeira, que advêm da colaboração e da partilha de recursos entre instituições. Neste sentido, um dos objetivos a prosseguir no decorrer do processo de escolha do local para implantação de uma escola básica, será o de estabelecer desde logo, no plano espacial, uma efetiva relação de proximidade e de complementaridade entre a escola e outros equipamentos urbanos existentes ou programados.”* CENTRO ESCOLAR, 2007b].
A partilha de espaços, como sala polivalente, o refeitório, o ginásio, o campo de jogos e biblioteca, etc., permitem uma maior cooperação e partilha de aprendizagem e lazer com a Comunidade. E para que estas zonas possam funcionar fora de horas ou durante o horário letivo sem perturbar o funcionamento e a segurança da escola, devem se localizar separadas das salas de aula [BUILDING BULLETIN 99,2002].

### 03.9.1.5- Acessos, Circulações e Segurança

- A escola deverá estar no centro da comunidade, minimizando o uso de transportes, permitindo rotas seguras entre a escola e a zona residencial, diminuindo o custo de transportes.

- A segurança da Escola também é importante. Por exemplo, uma escola numa área remota é mais vulnerável porque não é supervisionada pelos vizinhos.
- Facilidade de acesso para um leque mais vasto de utilizadores tem de ser equilibrada com a necessidade de segurança. Ter uma vedação em redor da escola com um ponto de entrada controlado, caminhos de atravessamento, favorecendo o acesso e possivelmente ajudando supervisão.
- As zonas de circulação devem ser fáceis e claras para todos os utilizadores, mesmo os com necessidades especiais.
- De deter uma estratégia prática e clara que abranja todos os níveis de acesso aos edifícios e de circulação local entre espaços. Uma vez que no futuro haverá mais gente usando escolas, que não estão familiarizados com o edifício, entradas devem ser claras e acolhedoras.
- Corredores de distribuição devem ser fáceis de circular, especialmente para aquelas partes da escola mais suscetíveis de serem utilizados pelos aqueles não estão familiarizados com o edifício. Rotas devem ser claras mesmo sem sinais.
- A Biblioteca Central / área das TIC e dos recursos outros principais instalações escolares devem ser facilmente acessíveis a todos e visível para as pessoas que entram na escola como visitantes.
- A cafetaria, quer partilhada entre a escola e a comunidade, ou separados, deverão ser localizado para fácil acesso por todos os usuários.
- A cozinha deve uma entrada própria.
- Instalações Sanitárias devem ser convenientemente localizado, para supervisão, um por bloco. Ao nível do ensino básico é útil ser acessível a partir do exterior [BUILDING BULLETIN 95 e BUILDING BULLETIN 99, 2002].

### 03.9.2- Flexibilidade e Adaptabilidade

Durante a conceção devemos ter como premissas que o edifício escolar não pode ser estático deve responder as novas necessidades e evitar que seja obsoleto ao fim de algum tempo. Por isso deve-se

- Acompanhar a evolução das práticas pedagógicas, dos programas e da gestão;

-assegurar a existência de zonas modulares, ajustáveis e flexíveis às necessidades evolutivas, a colocação de pré-instalações cujos serviços possam vir a ser necessários, entre outros;

- Espaços que partilham recursos e equipamentos devem ser agrupados (por exemplo aulas de têxteis em espaços de arte e secundário);
- Ao planejar a localização dos espaços dentro os edifícios escolares vale a pena considerar espaços que são mais susceptíveis a ser alterada. Amplamente falando, existem três tipos de espaço:
● Aqueles que não são suscetíveis de expansão (a receção e área chefe da sala, laboratórios as zonas de apoio (elevadores, escadas, instalações sanitárias) etc.);
● Aqueles que são suscetíveis de crescerem, para atender extra números (por exemplo, o corredor ou sala pessoal), embora isso dependerá de frequência de utilização;
● Aqueles que serão replicados (por exemplo, salas de aulas).
O tamanho e a forma dos espaços individuais também podem reduzir a necessidade de adaptações. Limitando a profundidade de espaços para uma ou duas dimensões poderia tornar mais simples adaptação, por exemplo.

- Ter divisórias deslizantes ou portas dobráveis entre dois espaços menores podem ser combinados e transformados num único grande espaço para ocasiões específicas (como mostra de filmes, trabalhos e conferências, etc..) e albergar um maior número de usuários;
- Ter paredes internas que podem ser retiradas e reconstruídas sem afetar a estrutura ou serviços importantes;
- Evitar mobiliário fixo tanto quanto possível;
- Mudança de horário, se a escola não tiver capacidade para ter tantos alunos ou espaços disponíveis de manhã, deve ter alguns alunos a frequentar o turno da tarde;
- Mudanças curriculares, com o aumento de cursos profissionais, os locais de aprendizagem tem que permitir que a escola possa ser utilizada pela comunidade, para instrução destes cursos [BUILDING BULLETIN 95, 2002 e BUILDING BULLETIN 99,2002].

### 03.9.3- Durabilidade (Custos no ciclo de vida)

*Constitui um parâmetro essencial e importante para o sucesso e a viabilidade de uma construção, visto ser uma forma de maximizar a rentabilidade do edificado e dos ambientes construídos, minimizando simultaneamente a sua manutenção. Devem ter-se em conta as várias fases dos edifícios (conceção, operação e demolição) mas a*

*mais preponderante é a fase de operação, dado constituir o período mais longo em que ocorre.* [PINHEIRO, M. D., 2011 e LiderA, 2011].

*"Dado que o edifício tem uma vida tão mais larga que as pessoas, é evidente que afetará as gerações futuras. Uma construção inicial de baixa qualidade pode se converter num peso para as seguintes gerações. Os edifícios duradores e de baixa manutenção podem ter um custo mais alto no princípio, mas constituem uma inversão mais acertada, a longo prazo já que poupam energia e reduzem os resíduos "* [EDWARDS, B e HYETT, P (2004), pág. 92].

## 03.10- GESTÃO AMBIENTAL E INOVAÇÃO

Este item " *assenta em aspetos ambientais, quer através da disponibilização de informação aos agentes envolvidos, quer através do sistema de gestão, pode assegurar a consistência e a concretização dos critérios e soluções com reflexos no desempenho ambiental, uma dinâmica de controlo e melhoria contínua ambiental dos empreendimentos e a promoção da inovação."…*

*"A adoção de modos de gestão ambiental e inovações de práticas, garantem um bom desempenho do edificado e ao mesmo tempo atestam a sua capacidade de adaptação ao longo do tempo, desta forma contribuindo para as questões de sustentabilidade."* [PINHEIRO, M. D., 2011 e LiderA, 2011], tabela 03.17.

| **Gestão Ambiental e Inovação** | | | |
|---|---|---|---|
| LIDER A | | BREEM | |
| Vertentes | Critérios | Ref. | Critérios |
| Uso Sustentável | | | |
| **03.10.1- Utilização ambiental** | | | |
| Gestão Ambiental | Utilização ambiental | Man 4 | O guia do usuário da Construção |
| | | Man 11 | Facilidade de Manutenção |
| **03.10.2- Sistemas de Gestão Ambiental** | | | |
| Gestão Ambiental | Sistema de gestão ambiental | Man 9 | Publicação das informações do edifício |
| **03.10.3- Inovações** | | | |
| | Inovações | | |

### 03.10.1- Utilização Ambiental

Todos os agentes envolvidos (operários de construção, funcionários da escola, pessoal de limpeza, etc.) devem ser formados e terem informação disponível (manuais de utilização) para melhor operarem e manterem os sistemas mecânicos, elétricos, e solares do edifício, nomeadamente:

-A sua manutenção deve ser considerada com ênfase no ciclo de vida do edifício e no impacte ambiental.

- No manejar produtos de limpeza certificados e amigos do ambiente, pondo de parte os tóxicos;

- Na sensibilização (redução e separação de resíduos);

-Na otimização de energia, programação de horas de ponta e racionalização de equipamentos [PINHEIRO, M. D., 2011 e LiderA, 2011].

### 03.10.2- Sistema de gestão ambiental

*"Fomentar a sua criação, pode-se assegurar a consistência e concretização dos critérios e soluções, com reflexos no desempenho ambiental, uma dinâmica de controlo e melhoria contínua ambiental dos empreendimentos e a promoção da inovação"* [PINHEIRO, M. D., 2011 e LiderA, 2011].

### 03.10.3- Inovação de Práticas, Soluções ou Integrações

*"Incentivar aquando da aplicação de soluções que promovam a sustentabilidade é a adoção de medidas completamente inovadoras que melhorem o desempenho ambiental nos critérios anteriormente sugeridos."* [PINHEIRO, M. D., 2011 e LiderA, 2011].

- Soluções como sensores de iluminação, aquecimento e arrefecimento, que permitem controlarem as horas de funcionamento da escola, ocupação das salas (sensores de movimento e térmicos), sem que haja percas ou desperdício de energia.
- Monitores para leituras de consumo energia elétrica e térmica, bem como a da água.
- Proporcionam leituras rápidas do que a escola gasta, controlar as despesas correntes, e qual o retorno do que gastou em equipamentos para poupar energia.
- Alem de ser muito educativo para as crianças e incentivar estas consumirem menos.

## 03.11- SÍNTESE

A síntese efetuada permite criar critérios sustentáveis que possam ser aplicados na elaboração, construção e manutenção de um edifício ou centro escolar.
Assim, uma vez definidos critérios e compreendidas as suas principais linhas de ação, torna-se possível analisar escolas e testar o seu estado de sustentabilidade, como será feito no capítulo 4.

*"Uma educação é o investimento com maior retorno."*

Benjamin Franklin,

## 04- CASOS DE ESTUDO NACIONAIS E INTERNACIONAIS

Nesse capítulo, analisa-se a situação de quatro escolas portuguesas e oito escolas estrangeiras, por serem uma boa experiência servem como material didático para o ensino sobre desenvolvimento e sensibilização de diferentes recursos energéticos e seus possíveis usos sustentáveis.

Todas foram analisadas segundo critérios sustentáveis e foram elaborados fichas descritivas, que retratam as escolas, a partir de dados dos livros, exceto na Escola Básica de 1º Ciclo de Aboim, do Concelho de Amarante, que se efetuou uma visita as instalações.

## 04.1- CASOS NACIONAIS

### 04.1.1- Centro Infantil de Mértola

**Arq. to Fernando Varandas** [GONCALVES, H., CABRITO, P., OLIVEIRA, M. e PATRÍCIO, A., 1998 e ENERGIE CITIES, 2000]

**Fig.04.1.1:** Fachada Sul da Escola, [GONCALVES, H., CABRITO, P., OLIVEIRA, M. e PATRÍCIO, A., 1998].

| Detalhes | |
|---|---|
| Área Útil | 669m2 |
| Nº de Alunos | 141 |
| Ano de Construção | 1982 |
| Ocupação | 2580 horas/ano |

| Performance Energético | |
|---|---|
| Inverno | **18 kWh/m2/an0** (escola convencional é de 61 kWh/m2/ano, poupando 70% de energia) |
| Verão | ------ |

**INTEGRAÇÃO LOCAL**

**Local \ Edificado**

O edifício localiza-se num clima de calmos Invernos e Verões extremamente quentes, está implantado numa vertente voltada a sul pouco acentuada, que permitiu o enterrar até meio piso as zonas de serviço localizadas a norte e aproveitar os ganhos solares sul e sudoeste para as zonas de maior permanência (salas de aula e atividades).

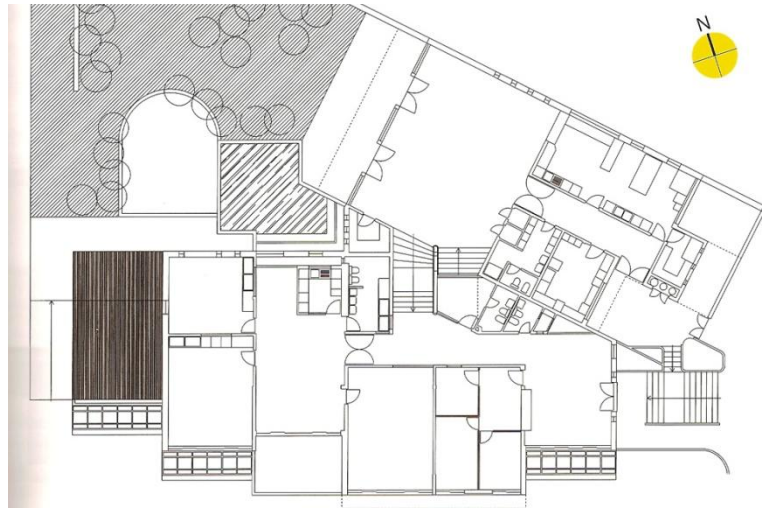



**Fig.04.1.2:** Corte transversal.
**Fig.04.1.3**: Planta do piso superior e intermédio, [GONCALVES, H., CABRITO, P., OLIVEIRA, M. e PATRÍCIO, A., 1998].

## ENERGIA E AMBIENTE INTERIOR

### Energia Consumida, Sistemas Passivos e Iluminação

Na fachada das salas de aula foi incluído um conjunto de sistemas solares passivos, nomeadamente paredes trombes ventiladas, estufas e uma grande área de vãos envidraçados de vidro duplo (110m2) para captar e armazenar energia solar e a iluminação natural de forma diminuir o consumo de eletricidade.

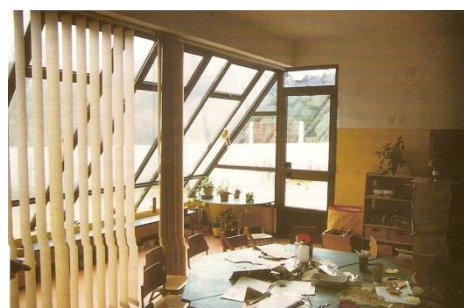



Fig.04.1.4- Interior da Sala de Aulas.

**Fig.04.1.5-** Exterior das estufas com a aplicação de esteiras, [GONCALVES, H., CABRITO, P., OLIVEIRA, M. e PATRÍCIO, A., 1998].

No verão, *"a maioria dos vãos beneficia de sombreamento palas a nível da cobertura nos vãos do piso superior e este, através do seu balanço, vai sombrear os vãos do piso térreo."*

As estufas que foram projetadas como extensões das salas de aula do piso inferior, e foram previstas cortinas no seu interior e a plantação de árvores de folha caduca pelo seu lado exterior, a não concretização destas últimas soluções levaram a aplicação de esteiras de canas no seu exterior nas estações mais quentes do ano.

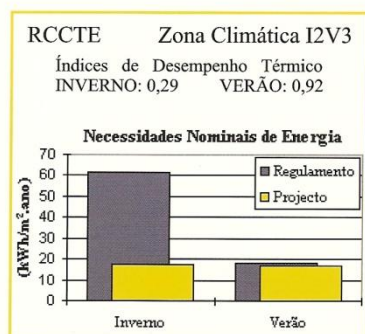
| | |
|---|---|
| Pavimento útil | 669m² |
| Envidraçados | 156m² |
| $A_{env}/A_{pav}$ | 23% |

Características Térmicas da envolvente

| Transmissão térmica (K) | W/m²ºK |
|---|---|
| Paredes | 1,16 |
| Cobertura | 0,78 |
| Coef. global de perdas (sem infiltrações) | W/ºKm² 2,40 |
| Massa Térmica | 0,5 MJ/m²K |

RCCTE Zona Climática I2V3

Índices de Desempenho Térmico

INVERNO: 0,29 VERÃO: 0,92



## Conforto Térmico

As paredes exteriores são duplas, sendo a sua caixa-de-ar preenchida com pedra moída (xisto), de forma a aumentar a inércia térmica. Nas paredes em contacto com o solo e nas coberturas foi utilizado um isolamento poliestireno expandido com 4cm a 5cm de espessura.

Como descrito no livro, *"os vários desvios em relação ao projeto original, durante a fase de construção, acabaram por desvirtuar por complexo a aplicação dos sistemas solares passivos tendo uma influência decisiva no comportamento térmico menos bom do edifício."*

## Qualidade do Ar Interior e Ventilação

As paredes trombe foram projetadas para no Inverno funcionarem como sistema de pré-aquecimento do ar e no verão como sistema de extração de ar quente. Possuem pequenos orifícios na parede de betão entre o espaço interior e a câmara-de-ar exterior, *"pois sendo um edifício de ocupação diurna é de potenciar os ganhos solares o mais rápido possível através da circulação natural de ar entre as salas de aula e a câmara-de-ar que está mais quente. Esta circulação do ar acontece naturalmente desde que o ar da sala esteja mais frio do que o ar no interior daquela câmara, sendo necessário que os orifícios de circulação sejam abertos manualmente.*

*Na estação mais quente, promove-se a circulação de ar, do interior para o exterior, abrindo os orifícios para fora de modo a permitir a saída de ar das salas de aula.*" Como não foram colocados sistemas fixos que permitiriam a abertura dos orifícios, as paredes de trombe foram inviáveis.

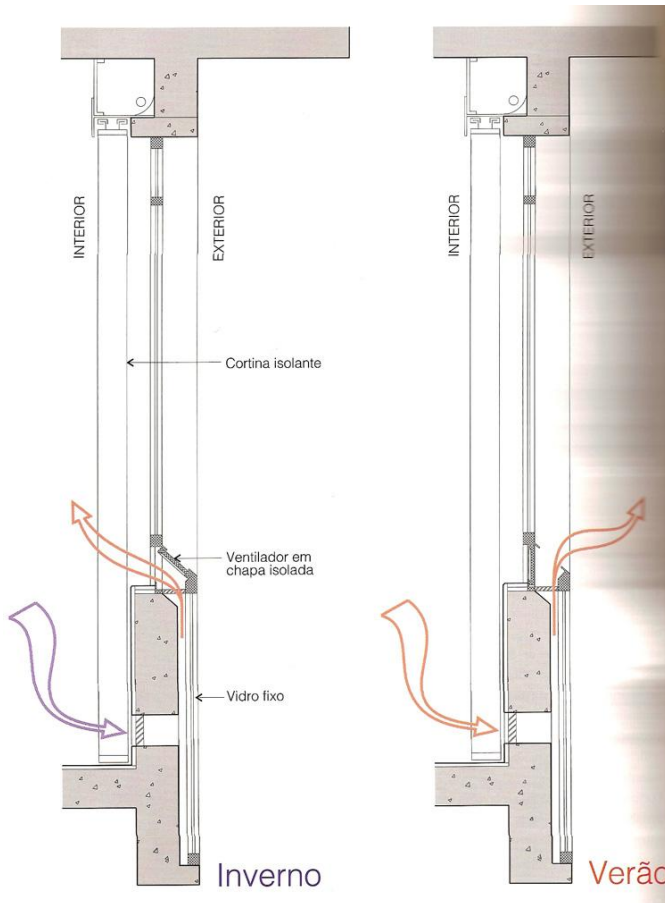



**Fig.041.6:** Pormenor de funcionamento das janelas com parede de Trombe (piso superior), [GONCALVES, H., CABRITO, P., OLIVEIRA, M. e PATRÍCIO, A., 1998].

**PERSPECTIVA PARA SUSTENTABILIDADE DO CENTRO INFANTIL DE MÉRTOLA**

Os pontos fortes para a sustentabilidade são a organização espacial e orientação solar.

Os pontos fracos são alguns sistemas passivos, nomeadamente as paredes trombes, que são pouco praticas, e obrigam a saber a manuseá-las e as estufas que no verão tem que ser cobertas por esteiras, E são sistemas, que não são muito próprios para o clima mediterrâneo, mais para climas frios, que só tem uma estação problemática a do inverno, por oposição a do mediterrâneo que tem duas, inverno e verão. Em vez disso, devia-se recorrer grandes vãos com palas de ensombramento.

## 04.1.2- ESCOLA SECUNDÁRIA VALONGO DO VOUGA, ÁGUEDA

**Arq. João Mateus, Arq. Jorge Gouveia, Arq. Luís Virgílio Cunha** [GONCALVES, H., CABRITO, P., OLIVEIRA, M. e PATRÍCIO, A., 1998 e ENERGIE CITIES, 2000]

**Fig.04.2.1**: Fachada Sul da Escola, [GONCALVES, H., CABRITO, P., OLIVEIRA, M. e PATRÍCIO, A., 1998].

| Detalhes | |
|---|---|
| Área Útil | 2917m2 |
| Nº de Alunos | 505 |
| Ano de Construção | 1993 |
| Ocupação | 1995 horas/ano |

| Performance Energético | |
|---|---|
| Inverno | **32kWh/m2/ano** (escola convencional é de 64 kWh/m2/year, poupando 50% de energia) |
| Verão | |

### INTEGRAÇÃO LOCAL

**Local \ Edificado**

O edifício localiza-se no Norte de Portugal, numa zona de clima temperado com ventos suaves e verões moderados. È composto por dois pisos que se desenvolvem ao longo do eixo poente nascente, que alberga 18 salas de aula voltadas a sul, laboratório, biblioteca, refeitório e cozinha. Sendo as zonas de distribuição e serviço localizadas na ala norte.

### ENERGIA E AMBIENTE INTERIOR

**Energia Consumida, Sistemas Passivos e Iluminação**

As salas de aula orientadas a sul dispõem de um grande área de fenestração, 224m2 de janela, de duplo vidro, permitindo ganhos solares no Inverno (52%) e durante o verão são protegidos por palas de ensombramento exteriores fixas numa estrutura autónoma paralela á fachada. E palas interiores para refletir e difundir a luz pelo teto sala.

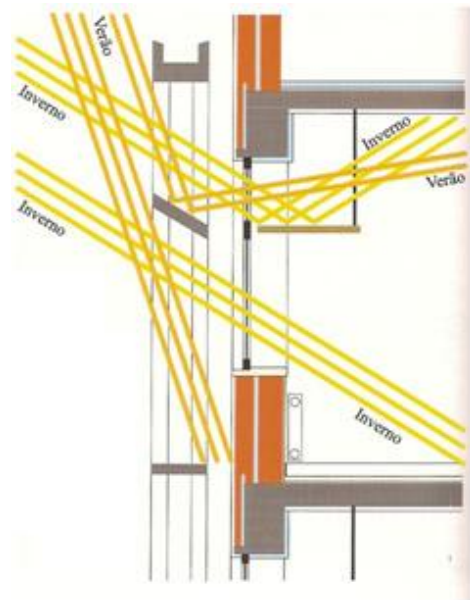



**Fig.04.2.2:** Corte Esquemático evidenciando os efeitos de proteção e reflexão das palas exteriores e interiores, [GONCALVES, H., CABRITO, P., OLIVEIRA, M. e PATRÍCIO, A., 1998].

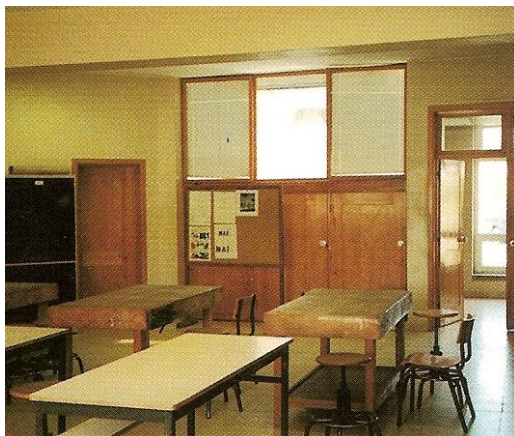
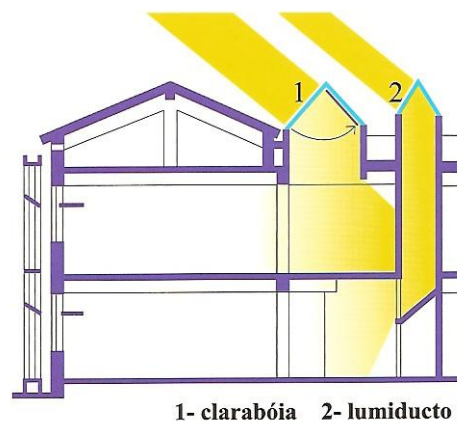
Como as salas aulas são compridas, para suprimir as zonas mais desfavorecidas foi introduzido no edifício lumidutos (poços de luz) para as salas do 1ºpiso e claraboias para as do 2ºpiso.

**04.2.3** **04.2.4**

**Fig. 04.2.3:** Pormenor do interior de uma sala de aula notando-se o efeito luminoso produzido por um lumiducto.
**Fig. 04.2.4:** Corte esquemático da claraboia e do lumiducto.
[GONCALVES, H., CABRITO, P., OLIVEIRA, M. e PATRÍCIO, A., 1998].

Os <u>Lumiductos</u> são compostos por uma claraboia de captação na cobertura, que canalizam a luz ao longo de poços revestidos a folhas de alumínio e acrílico espelhado e na sua saída dispõem de estores, para regular os ganhos luminosos.

As <u>Claraboias</u> tem a possibilidade de controle de luz solar através de uma proteção móvel isolante que no Inverno é colocada na vertente norte e no verão na vertente sul, estando a face norte protegida por lâminas fixas que só permitem ganhos difusos.

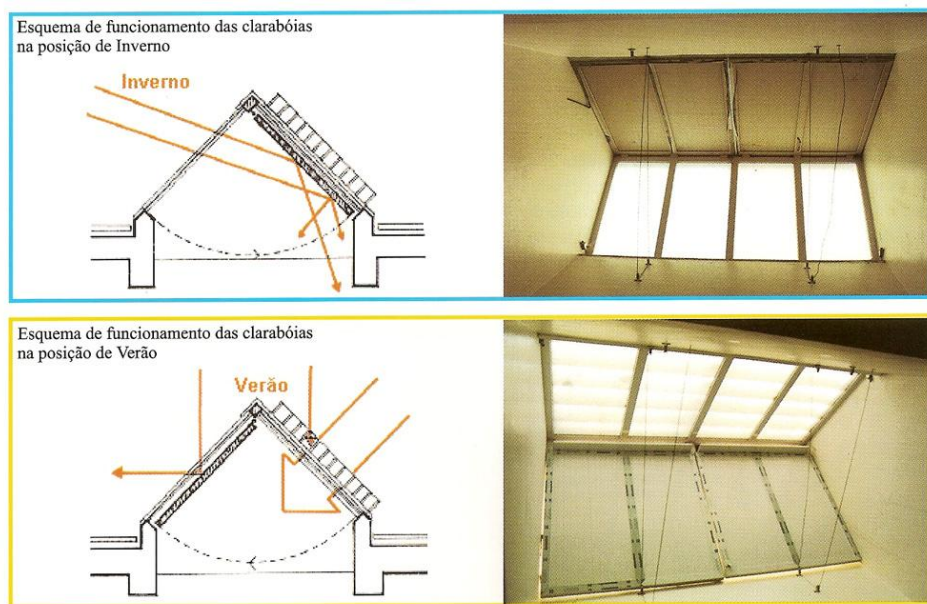
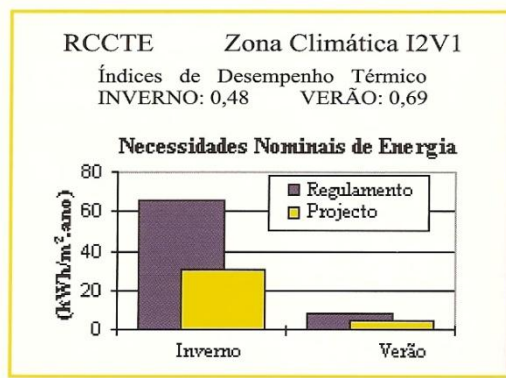



**Fig. 04.2.5:** Esquema funcionamento das claraboias,
[GONCALVES, H., CABRITO, P., OLIVEIRA, M. e PATRÍCIO, A., 1998].

**Conforto Térmico**

Composto por paredes exteriores duplas de alvenaria de tijolo, com 22 e 15cm de espessura de pano e 4cm de isolamento (poliestireno extrudido). E cobertura de telhas e de laje de esteira com isolamento pelo exterior de 5cm.

Características Térmicas da envolvente

| Transmissão térmica (K) | W/m² ºK |
|---|---|
| Paredes | 0,47/0,51 |
| Cobertura | 0,99/1,23 |
| Pavimento | 2,0 |
| Vidros: duplos | 3,9 |
| simples | 4,9 |
| Coef. global de perdas | W/ºKm² |
| (sem infiltrações) | 2,7 |
| Massa Térmica | 0,82 MJ/m²K |

**Qualidade do Ar Interior e Ventilação**

A maioria das janelas da fachada sul, norte e bandeiras das portas das salas contem ranhuras ou dispositivos de abertura que permitem uma eficiente ventilação cruzada.

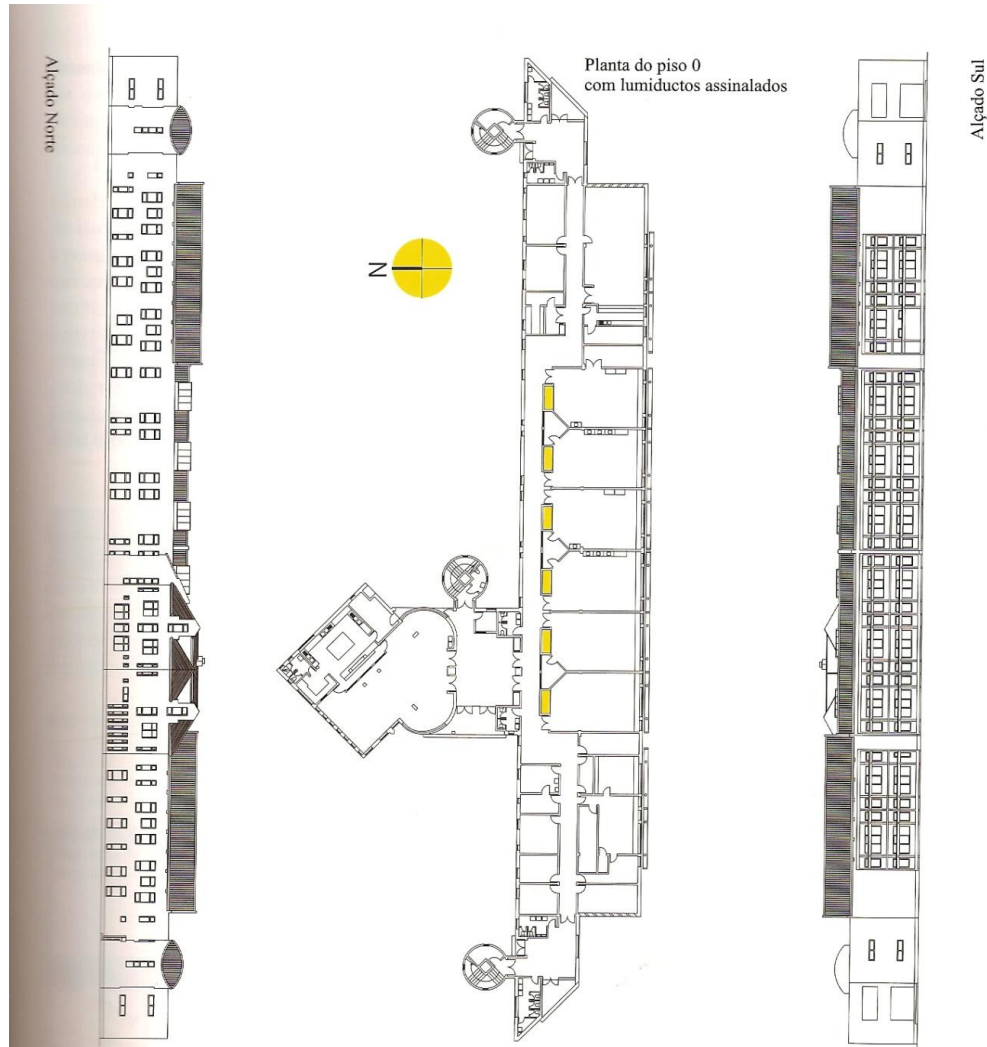



**Fig. 04.2.6:** Planta do Piso 0 e Alçados, [GONCALVES, H., CABRITO, P., OLIVEIRA, M. e PATRÍCIO, A., 1998].

**PERSPECTIVA PARA SUSTENTABILIDADE DA ESCOLA SECUNDÁRIA VALONGO DO VOUGA, EM ÁGUEDA**

Os pontos fortes para a sustentabilidade são a organização espacial, orientação solar e os sistemas passivos para ventilação e iluminação. Que diminui o uso de iluminação elétrica e sistemas ativos de refrigeração (ar-condicionado).

Não existe nenhum ponto negativo a apontar.

## 04.1.3- ESCOLA DO CRATO

Arq. Luís Virgílio Cunha, Arq. Rosa Bela Costa [GONCALVES, H., CABRITO, P., OLIVEIRA, M. e PATRÍCIO, A., 1998]

**04.3.1:** Vista Geral da Escola, [GONCALVES, H., CABRITO, P., OLIVEIRA, M. e PATRÍCIO, A., 1998].

| Detalhes | |
|---|---|
| Área Útil | 2950m2 |
| Nº de Alunos | 348 |
| Ano de Construção | 1988 |
| Ocupação | 1995 horas/ano |
| **Performance Energético** | |
| Inverno | **33 kWh/m2/ano** (escola convencional é de 67 kWh/m2/ano, poupando 51% de energia) |
| Verão | ------ |

### INTEGRAÇÃO LOCAL

**Local\ Edificado**

"*A Escola do Crato, situada numa zona de clima muito quente durante o Verão e com Inverno muito frios, foi concebida de forma a conjugar a proteção solar do edifício na estação quente com a captação de ganhos solares na estação fria."* O edifício possui dois pisos que se desenvolvem em torno de dois pátios interiores.

**ENERGIA E AMBIENTE INTERIOR**

**Energia Consumida, Sistemas Passivos, Qualidade do Ar Interior e Ventilação**

Arrefecimento Evaporativo

Nos pátios interiores "*existem zonas ajardinadas e espelhos de água que humidificam o ar, contribuindo para o arrefecimento natural durante o Inverno*."

**Fig. 04.3.2:** Imagem do Pátio, [GONCALVES, H., CABRITO, P., OLIVEIRA, M. e PATRÍCIO, A., 1998].

*"Foram dimensionados e desenhados para no Inverno, permitirem a penetração solar direta de forma a não se tornarem húmidos e insalubres".*

Coletores a ar

Todas as salas de aula possuem coletores a ar que proporcionam ventilação natural ao longo de todo o ano.

*" São constituídos por uma superfície de vidro e uma superfície absorba, sem qualquer capacidade de armazenamento. Tem duas posições de funcionamento, como se ilustra no esquema apresentado. No Inverno, o ar é aquecido e insuflado na sala permitindo assim a renovação sem perdas de ar; no Verão, é feita a extração de ar da sala pelo diferencial de temperaturas, sendo os orifícios abertos manualmente pelos utilizadores."*

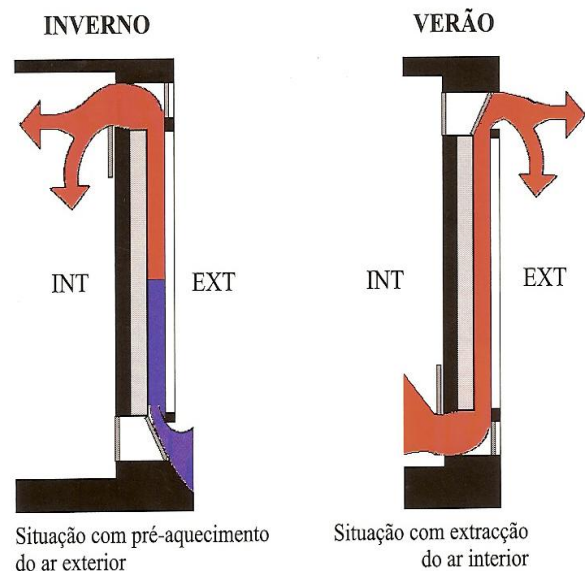



**Fig. 04.3.3:** Esquema de funcionamento dos coletores a ar, [GONCALVES, H., CABRITO, P., OLIVEIRA, M. e PATRÍCIO, A., 1998].

**Iluminação/ Luz Natural**

As salas de aulas localizam-se nas vertentes sul e poente e são compostas por amplos envidraçados de janelas de vidro simples (995m2) de forma a alcançar 40%dos ganhos solares no Inverno e protegidos por palas de ensombramento e estores no Verão.

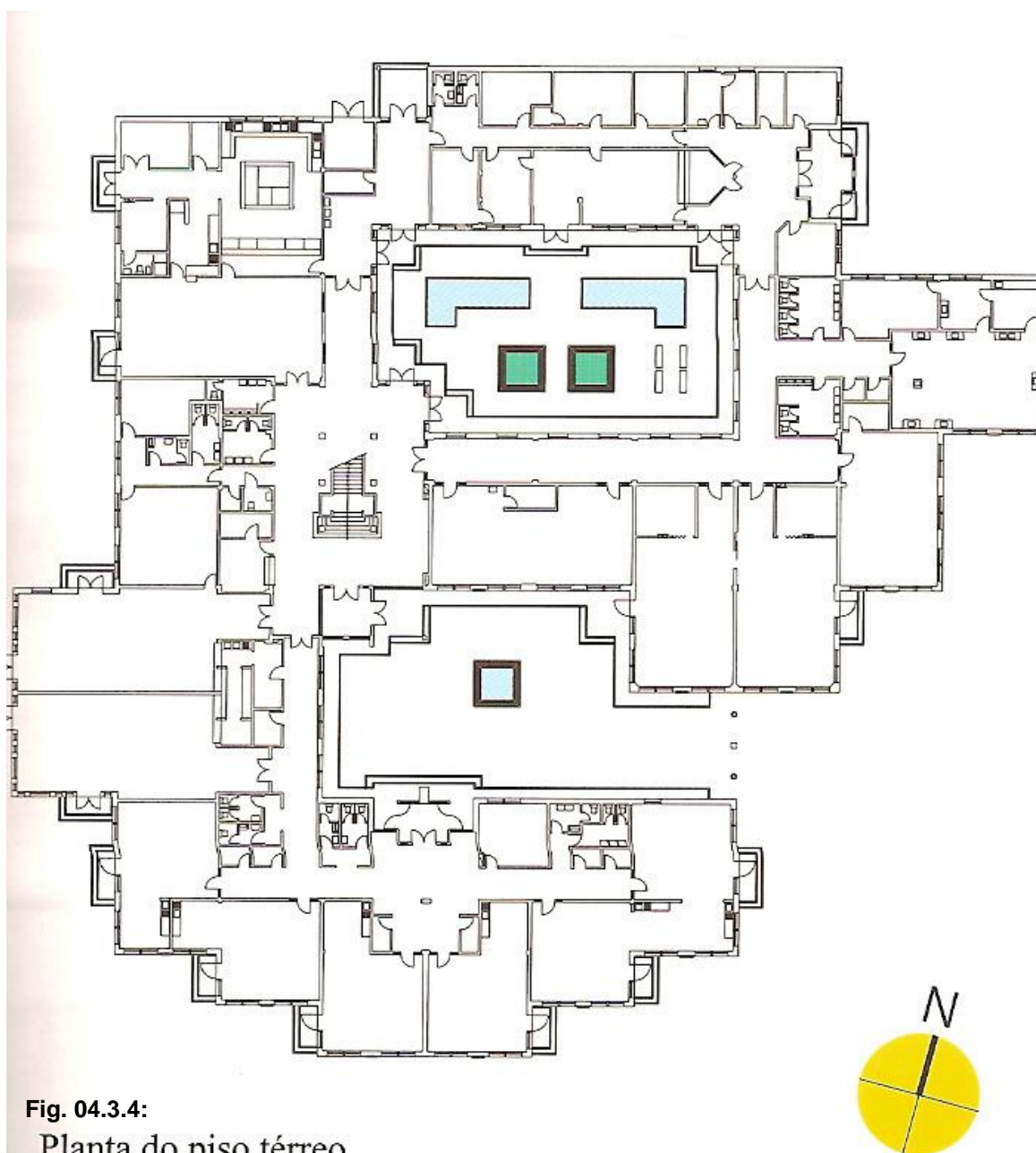



**Fig. 04.3.4:**
Planta do piso térreo
[GONCALVES, H., CABRITO, P., OLIVEIRA, M. e PATRÍCIO, A., 1998].

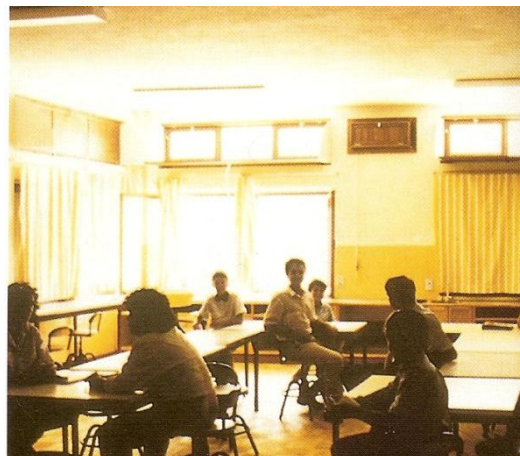



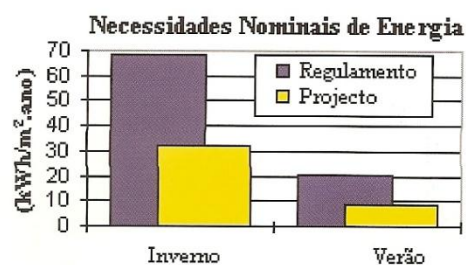
**Fig. 04.3.5:** Aspeto do interior de uma sala de aula no verão, [GONCALVES, H., CABRITO, P., OLIVEIRA, M. e PATRÍCIO, A., 1998].

**Conforto Térmico**

Possuí paredes exteriores duplas de tijolo com 15 e 15cm de pano e 7cm de isolamento (aglomerado negro de cortiça) que preenche totalmente a caixa-de-ar. As coberturas de telhas lajes de esteira de betão leve e isoladas com 7cm de aglomerado negro de cortiça.

| | |
|---|---|
| Pavimento útil | 2950m² |
| Envidraçados | 995m² |
| $A_{env}/A_{pav}$ | 27% |

Características Térmicas da envolvente

| Transmissão térmica (K) | W/m² ºK |
|---|---|
| Paredes | 0,40 |
| Cobertura | 0,30 |
| Pavimento | 0,70 |
| Vidros simples | 5,0 |
| Coef. global de perdas (sem infiltrações) | W/ºKm² 2,3 |
| Massa Térmica | 0,76 MJ/m²K |

**PERSPECTIVA PARA SUSTENTABILIDADE DA ESCOLA DO CRATO**

Os pontos fortes para a sustentabilidade são a orientação solar e os sistemas passivos de ensombramento dos vãos e de arrefecimento evaporativo.

Os pontos negativos para a sustentabilidade são os sistemas passivos, nomeadamente as paredes trombes, que são pouco práticas, e obrigam a saber a manuseá-las. E organização espacial, que não permite num futuro próximo o edifício ser ampliado ou expandido.

### 04.1.4- EB.1 DE ABOIM, AMARANTE

Escola Plano dos Centenários [BROCHADO L., FERNANDES I. e MORAIS P., 2006]

**Fig.04.4.1**: Fachada Sul da Escola, Centenários, [BROCHADO L., FERNANDES I. e MORAIS P., 2006]

**INTEGRAÇÃO LOCAL**

**Local \ Edificado**

Edifício construído na década de sessenta, bem localizado num local recatado e afastado da via pública, e próxima dos maiores núcleos habitacionais da freguesia, que comportam a Igreja e a sede da Junta de Freguesia.

O seu plano funcional é extremamente simples. Com duas salas de aulas voltadas a sul, antecedidas de câmara de receção. Sanitários e recreio coberto voltados a norte.

**MATERIAIS**

Materiais Locais

Alvenarias de granito rebocadas a areado fino e pintadas de branco na envolvente exterior. Alvenarias de tijolo em paredes divisórias, rebocadas e pintadas de branco.

Cobertura em telha cerâmica e caixilharias de madeira. Tetos em forro de madeira e pavimentos cerâmicos. Caixilhos em madeira (recuperadas recentemente, pelo que em bom estado de conservação), com vidro simples de 6mm de espessura.

**04.4.2** **Fig.04.4.3**

**Fig.04.4.2:**Fachada Sul da Escola.
**Fig.04.4.3:** Fachada Norte da Escola, [BROCHADO L., FERNANDES I. e MORAIS P., 2006]

## CARGAS AMBIENTAIS

**Resíduos** Valorização de Resíduos

Os resíduos são devidamente selecionados e separados para que posteriormente sejam depositados nos respetivos recipientes do "ecoponto" que se situa a cerca de 100 metros da escola.

## AMBIENTE INTERIOR

**Ventilação e Qualidade do Ar Interior**

A ventilação interior das salas era garantida por entradas de ar junto ao soalho e saídas de ar junto do teto (sistema primário mas funcional…).

A pavimentação que se introduziu recentemente limitou a capacidade de entrada de ar fresco, pelo que agora se pode considerar insuficiente o caudal de ar fresco que atravessa as salas.

**Fig.04.4.6:** Grelha de ventilação,
[BROCHADO L., FERNANDES I. e MORAIS P., 2006]

**Iluminação**

As salas de aulas dispõem de boa iluminação natural e de luminárias com lâmpadas fluorescentes em quantidade suficiente para permitir uma razoável iluminação.

04.4.4

.04.4.5

**Fig.04.4.4 e.04.4.5:** - Sala de Aula, [BROCHADO L., FERNANDES I. e MORAIS P., 2006].

**Conforto Térmico**

Aquecimento das salas de aulas feito por fogão a lenha, com ótimos resultados em termos da quantidade de calor disponibilizada nos dias de Inverno.

Nos dias de verão, a sombra produzida para minorar os efeitos do calor é feita pelos cortinados interiores colocados em todas as janelas.

**Fig.04.4.7:** Fogão a Lenha, [BROCHADO L., FERNANDES I. e MORAIS P., 2006]

Isolamento Térmico

Aquando das obras efetuadas recentemente na escola, foram aplicados materiais de revestimento térmico na cobertura ('poliestireno extrudido' com 3 cm de espessura), não sendo conhecidas outras situações de revestimento ou corte térmico.

## VIVÊNCIA SOCIO- ECONÓMICA

**Acessibilidades e Mobilidade**

Boa acessibilidade através da rede viária pública, devidamente pavimentada, com a particularidade de se situar numa via de distribuição local com pouco movimento, o que reduz os riscos de acidente.

## PERSPECTIVA PARA SUSTENTABILIDADE DA ESCOLA BÁSICA DE ABOIM

Os pontos fortes para a sustentabilidade são a orientação solar e espacial que permite num futuro próximo o edifício de ser ampliado ou expandido. E o uso de materiais locais.

Os pontos negativos para a sustentabilidade é a falta de inexistência de espaços complementares (sala polivalente, biblioteca, sala de professores) e a falta de proteção exterior dos vãos. A escola não possui espaços complementares, porque só é rentável construir espaços complementares a partir das 8 salas de aula, mas na altura que escola foi construída a única preocupação foi alfabetização e não de sustentabilidade.

## 04.2- CASOS INTERNACIONAIS

### 04.2.1- COMPLEXO ESCOLAR DE "PICHLING", VIENA, ÁUSTRIA

Arq. tos London + Habeler [GONZALO, R. e HABERMANN, K.J., 2006].

**Fig.04.5.1:** Entrada do edifício, [GONZALO, R. e HABERMANN, K.J., 2006].

| **Detalhes** | |
|---|---|
| Área Útil | 5901m |
| Área de Implantação | 27,351m2 |
| Nº de Alunos | ---- |
| Ano de Construção | 2003 |
| Ocupação | ----- |
| **Energia requerida** | |
| Aquecimento | 34,8 kWh/m2/ano |
| **Coeficiente Térmico** | **U=(W/m2.K)** |
| Paredes ext. das salas de aulas | 0,19 W/m2.k |
| Paredes ext. do ginásio | 0,17 W/m2.k |
| Cobertura | 0,15 W/m2.k |
| Piso em contacto com o solo | 0,6 W/m2.k |
| Janelas e caixilhos | 1,1 W/m2.k |

### INTEGRAÇÃO LOCAL

**Local e Edificado**

O complexo é composto por 2 edifício um de salas de aula e de jardim infantil de três pisos que se desenvolve ao longo do eixo norte-sul, em torno de um átrio

central de distribuição. E um de prática de desporto (ginásio), que foi parcialmente enterrado e acede ao edifício principal através de uma passagem subterrânea.

**Fig.04.5.2:** Planta de implantação do edifício, [GONZALO, R. e HABERMANN, K.J., 2006].

## ENERGIA E AMBIENTE INTERIOR

### Sistemas Passivos e Iluminação

As fachadas longitudinais, poente e nascente, das salas de aulas são compostas por amplos envidraçados de janelas de vidro simples (995m2) protegidas com palas metálicas horizontais de ensombramento. Para maximizar a iluminação natural dentro do edifício foram criadas claraboias que inundem os átrios e galerias de distribuição.

**Fig.04.5.3:** Fachada longitudinal com proteções horizontais.

**Fig.04.5.4:** Imagem do 2 º piso da galeria de distribuição, [GONZALO, R. e HABERMANN, K.J., 2006].

**Sistemas Passivos, Energia Renovável, Conforto Térmico e Ventilação e Qualidade do Ar Interior**

Os componentes do sistema para diminuir o uso de energia abrangem o uso de sistemas de ventilação com reaproveitamento do calor e geotérmicos de mudança de ganhos quentes ou frios.

O ar frio entra dentro das salas de aula por meio de orifícios de baixo dos armários e por convenção natural, o ar aquecido dos ocupantes e do equipamento é extraído pelo teto, ao passar pela laje do teto, armazena calor nesta que é depois radiado para o piso de cima, saindo depois para o átrio, no qual, é depois suprimido por efeito de chaminé para o exterior pelas claraboias.

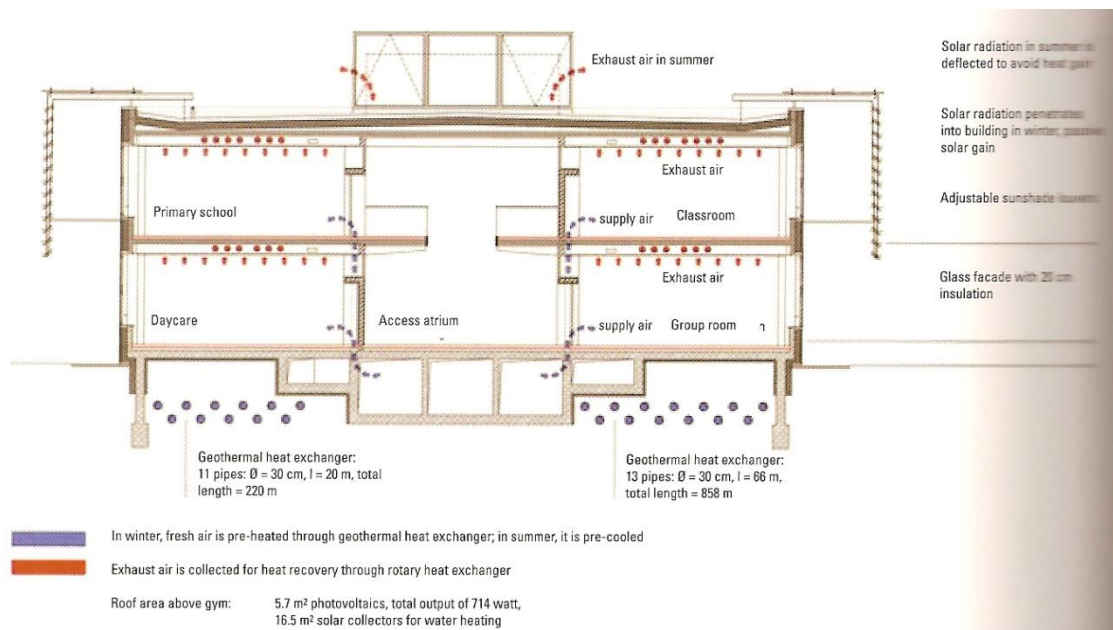



**Fig.04.5.5:** Corte transversal com o diagrama de funcionamento de ventilação do edifício, [GONZALO, R. e HABERMANN, K.J., 2006].

**Energia Consumida**

Foram instalados 20m2 de área com coletores solares na cobertura do ginásio para o aquecimento das águas sanitárias.

## ÁGUA, INTEGRAÇÃO LOCAL, CARGAS AMBIENTAIS E AMBIENTE INTERIOR

**Recolher e Reutilizar Água, Proteção e Valorização da Ecologia, Emissões e Conforto Térmico**

A Cobertura ajardinada permite aos utentes utilizarem como um pequeno espaço exterior para deterem um pequena horta, assim como um reforço de isolamento acústico e térmico, a recolha da água das chuvas e a absorção por parte das plantas da poluição atmosférica.

## VIVÊNCIA SOCIO- ECONÓMICA

### Flexibilidade e Adaptabilidade

O complexo foi pensado para ser futuramente ampliado para o dobro do seu tamanho. Dispõem de um amplo recreio que permite desenvolver nele atividades de entretenimento, leitura e prática de desportos ao ar livre.

### Acessibilidade e Mobilidade

É servido de um a boa rede de transportes, pois funciona dentro de um bairro residencial de 1317 fogos.

## PERSPECTIVA PARA SUSTENTABILIDADE DO COMPLEXO ESCOLAR DE “PICHLING”

A escola é um bom exemplo de sustentabilidade desde a orientação solar, espacial e futura adaptabilidade. Passando pelos sistemas passivos (iluminação e ventilação) e ativos de diminuição de consumo energético, pegada ecológica (energia geotérmica) e valorização ecológica (sistema de recolha e reutilização de água e cobertura ajardinada).

Não existe assim, nenhum ponto negativo a apontar.

## 04.2.2- CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE NOTTINGHAM, REINO UNIDO

Arq. to Hopkins [GAUZIN- MULLER, D., 2002]

**Fig.04.6.1:** Vista do Campo Central com o centro de multimédia e as salas de aula, [GAUZIN-MULLER, D., 2002].

| **Detalhes** | |
|---|---|
| Nº de Alunos | 2500 alunos |
| Área de Implantação | 37,050m2 |
| Ano de Construção | 1999 |
| **Energia requerida** | |
| Aquecimento | 85 kWh/m2/ano |
| **Coeficiente Térmico** | **U=(W/m2.K)** |
| Paredes exteriores | 0,28 W/m2.k |
| Cobertura | 0,22 W/m2.k |
| Piso em contacto com o solo | 0,399 W/m2.k |

### INTEGRAÇÃO LOCAL

**Local e Edificado**

Em 1996, a Universidade de Nottingham lançou uma competição de arquitetura para um novo campo universitário, localizado numa antiga fábrica de bicicletas.

O programa da escola era para criar 3 faculdades para acomodar 2500 estudantes, requerendo para o efeito, salas de leitura, salas multimédia, salas de reuniões, uma cafetaria/ refeitório, centro multimédia e, residência de estudantes.

O projeto tornou-se um bom modelo de desenvolvimento sustentável na região e um exemplo de reaproveitamento de áreas industriais dissolvidas.

A ideia principal, que permitiu vencer o concurso, fui a criação de vários edifícios ao longo de um extenso lago que os serve, separa e os une à área residencial adjacente. Surgindo assim uma nova cintura verde que define como prioridade os acessos a pé e o recreio ao ar livre.

O centro multimédia é o ponto charneira do campo e o edifício, distinguindo-se dos outros por ser um cone invertido. Ele comporta a livraria e o laboratório de computadores, pelos seus diferentes pisos interligados por uma rampa e uma escada no centro deste.

**Fig.04.6.2:** Perspetiva do centro de multimédia, [GAUZIN- MULLER, D., 2002].

## AMBIENTE INTERIOR E INOVAÇÃO

Os edifícios das 3 faculdades desenvolvem as salas de aula e zonas administrativas em torno de um generoso átrio que serve para as ventilar e iluminar.

**Iluminação e Inovação**

A iluminação natural é introduzida nos edifícios pelo átrio, que em conjunto com sensores de movimento e fotovoltaicos determinam o uso de iluminação elétrica e de aquecimento.

**Ventilação e Qualidade do Ar Interior**

O ar fresco entre pelo parque dentro átrio varrendo o ar quente para dentro das torres ventilação situadas nos topos dos átrios, que o sucção o ar pela rotação das ventoinhas, movidas pela energia produzida por células fotovoltaicas.

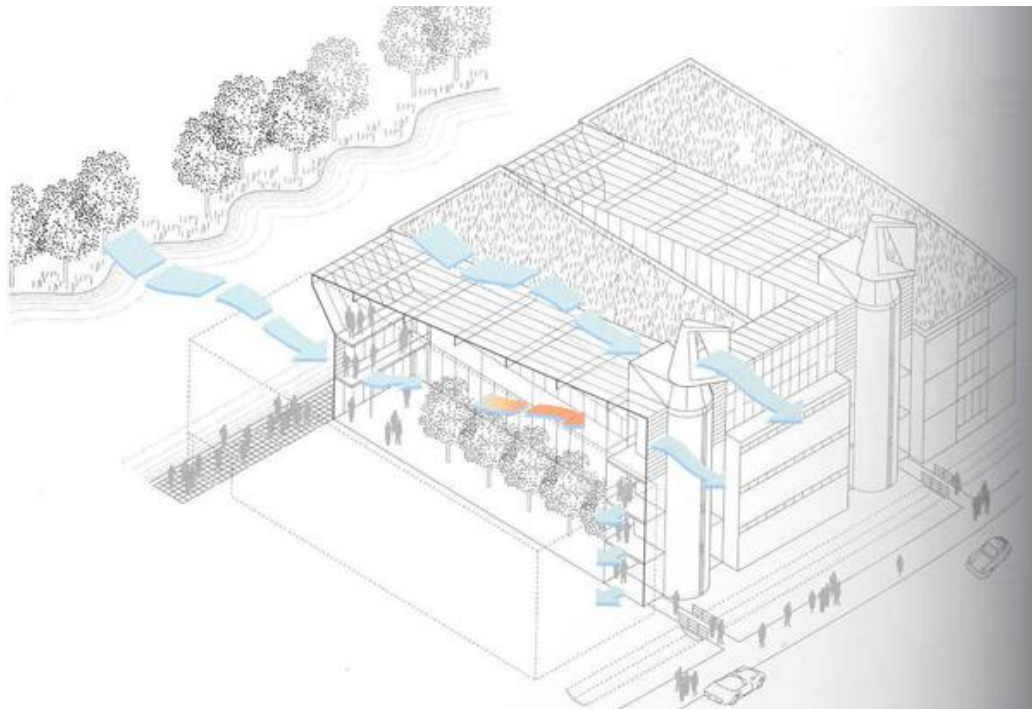



**Fig.04.6.3:** Diagrama da ventilação, [GAUZIN- MULLER, D., 2002].

## MATERIAIS E MOBILIÁRIO

**Materiais –** Materiais Baixo Impacte

As fachadas dos edifícios são revestidas a painéis de cedro canadiano e cimento, e com perfis estruturais de aço galvanizado. Cumprindo assim uma das normas de sustentabilidade, que se deve usar todo o tipo de materiais.

ÁGUA, INTEGRAÇÃO LOCAL, CARGAS AMBIENTAIS E AMBIENTE INTERIOR

**Recolher e Reutilizar Água, Proteção e Valorização da Ecologia, Emissões e Conforto Térmico**

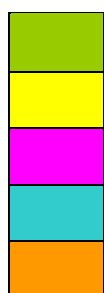
A cobertura ajardinada dos edifícios recolhe água da chuva, para depois usar nos autoclismos.

ENERGIA

**Energia Renovável**

Na cobertura do Átrio foram instaladas células fotovoltaicas, que cobrem uma área 450m2 e geram 51240 kwh por ano. Estas foram integradas dentro dos vidros da cobertura deforma a conseguir sombra no verão.

**Fig.04.6.4:** - Átrio, [GAUZIN- MULLER, D., 2002].

**Energia Consumida**

| | Modelo de Boas Práticas | Universidade de Nottingham |
|---|---|---|
| Co2 Produzido (kg/m2) | 96 | 27 |
| Luzes | 35,1 | 13,1 |
| Ventoinhas e bombas (Eletricidade kWh/m2) | 39 | 2 |
| Arrefecimento (Eletricidade kWh/m2) | 17 | 2,5 |
| Aquecimento e AQS (Gás kWh/m2) | 100 | 66 |

### VIVÊNCIA SOCIO-ECONÓMICA

#### Flexibilidade e Adaptabilidade

As paredes divisórias são removíveis para tornar as áreas interiores mais flexíveis.

### PERSPECTIVA PARA SUSTENTABILIDADE DO CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE NOTTINGHAM

Os pontos fortes para a sustentabilidade são a orientação solar, o uso de materiais de baixo impacte, sistemas passivos (iluminação e ventilação) e ativos de diminuição de consumo energético, pegada ecológica (células fotovoltaicas) e valorização ecológica (sistema de recolha e reutilização de água e cobertura ajardinada). Sendo o principal ponto fonte o reaproveitamento de áreas industriais dissolvidas para a sua edificação.

Não existe assim, nenhum ponto negativo a apontar.

## 04.2.3- LICEU LEONARDO DA VINCI, CALAIS, FRANÇA

Arq. tos Isabelle Colas e Fernand Soupey [GAUZIN- MULLER, D., 2002]

**Fig.04.7.1:** O edifício é rodeado por tanques que são abastecidos com água da chuva, [GAUZIN- MULLER, D., 2002]

| Detalhes | |
|---|---|
| Nº de Alunos | 1700 alunos |
| Área Útil | 20,452m2 |
| Ano de Construção | 1998 |
| **Energia requerida** | |
| Gás para todos os usos (Aquecimento, AQS, e Cozinha) | 65,6 kWh/m2/ano |
| **Coeficiente Térmico** | **U=(W/m2.K)** |
| Paredes exteriores | 0,53 W/m2.k |
| Cobertura | 0,30 W/m2.k |
| Vidros | 1,94 W/m2.k |
| **Isolamento Acústico** | |
| Paredes entre salas e circulações | 26dB |
| Paredes entre salas de atividades | 52dB |
| Paredes entre salas e escadas | 44dB |
| Zonas administrativas | 44dB |

Encomendado em 1998, Escola Leonardo da Vinci, de Calais, foi a primeira instituição na França a adotar a etiqueta HQE (Alta Qualidade Ambiental), atribuída pelo Conselho Regional de “Nord-Pas” de Calais garante que a construção preserva o meio ambiente, utiliza energia renovável e é económica, sem por em causa o bem-estar e a saúde dos usuários.

## INTEGRAÇÃO LOCAL

**Local, Edificado e Proteção e Valorização da Ecologia e do Património**

O liceu foi erguido entre dunas, lagoas e canais que organizam e estruturam a sua implantação e permitem recuperar a água das chuvas para depois voltar a reutiliza-la na rega dos jardins e no autoclismo. As orlas dos vales são construídas com gaviões de pedra locais dentro de caixa de malha metálica. Ladeados por plantas e árvores nativas locais de ribeiro (gramíneas, salgueiros e freixos), perfazem 25000m2 de espaços verdes.

O edifício é de planta L, e foi erguido para proteger-se dos ventos predominantes, costeiros e abre-se para sul e oeste por grandes envidraçados de baixa emissão. De forma aproveitar os ganhos solares e iluminação natural, durante todo ano, aumentando o conforto e reduzindo o consumo energético.

## ENERGIA

**Energia Consumida e Renovável**

Com o planeamento energético conseguiu-se fomentar a redução de consumos em 30% nas necessidades de água, iluminação artificial, aquecimento e ventilação.

Através do uso de energia renováveis (painéis fotovoltaicos, coletores solares, moinho eólico e cogerador).

Possui um moinho eólico de potência máxima de 135kW, que proporciona energia elétrica para consumo próprio do Liceu ou para venda a rede elétrica. A produção de energia é completa por um gerador a gás de 165kW. O motor GDF, está conectado a um alternador. O arrefecimento do motor por água e dos ares quentes permite, através de uma bateria de intercambiadores, a recuperação de energia utilizada no aquecimento do Liceu. Recuperando desta forma, uma quinta parte do consumo energético ( 320Kw).

A gestão energética do liceu é informatizada, para limitar os custos, variando em função da sua ocupação.

## MATERIAIS

Materiais Locais e de Baixo Impacte Ambiental

Foram escolhidos materiais segundo três critérios base: aspeto; durabilidade; e influencia global no meio ambiente, desde a sua produção a sua eliminação. Assim privilegiou-se as matérias-primas e os produtos locais, de forma a poupar no transporte. Pedra e areia da zona para fazer a estrutura do edifício (laje, pilares, vigas e fundações), estabilizar o solo, os gaviões e os jardins. A cerâmica nas paredes exteriores, e madeira de carvalho na estrutura de madeiras lameladas da cobertura, provenientes de florestas europeias sustentáveis.

Sistema Construtivo

Paredes exteriores duplas de tijolo, revestidas pelo exterior com painéis cerâmicos a imitar tijolo de burro e isoladas com 5cm de lã mineral. Pavimento em lajes com vigotas pré esforçadas enchidas com abobadilhas de tijolo e revestidas a linóleo. Cobertura com estruturas de madeiras lameladas revestidas a gesso cartonado ou placas OSB. E vidros isolantes de baixa emissão.

## ÁGUA E CARGAS AMBIENTAIS

**Água Potável e Recolher e sua Reutilização e Efluentes**

Poupa-se água através do uso torneiras com limitar de fluxo e recuperação de águas pluviais, recolhidas na cobertura e armazenadas no tanque de 200m3, filtradas é depois bombeado na rede interna de água que abastece o uso nos autoclismos e na rega do jardim.

## CARGAS AMBIENTAIS E INTEGRAÇÃO LOCAL

**Emissões e Proteção e Valorização da Ecologia**

Para reduzir as emissões de dióxido de carbono foram plantados árvores nas galerias de distribuição e coberto o telhado com uma cobertura verde.

Cobertura essa que além de purificar e arrecadar a água da chuva, também reforçam o isolamento acústico e térmico e absorvem a poluição atmosférica. Cultivada com plantas autossustentadas, locais, que não necessitam de adube e / ou pesticidas, reembolsando ao meio ambiente, um terraço para alimentação da flora local (insetos, morcegos, andorinhas, etc.).

## AMBIENTE INTERIOR

**Iluminação**

Aproveitamento da luz natural através do uso de poços de luz, cúpulas, paredes de vidros, janelas bem orientadas, cor das paredes e forma dos tetos falsos para favorecer a difusão da luz natural.

**Fig.04.7.2:** Corredores interiores iluminados com luz natural para favorecer o conforto visual, [GAUZIN- MULLER, D., 2002]

**Conforto Térmico**

Programa de aquecimento e climatização, ventilação de duplo fluxo com recuperador de calor, caldeira de gás de alto rendimento e baixa emissão de NOx, uma delas com condensador, garantem o aquecimento da escola.

## VIVÊNCIA SOCIO-ECONÓMICA

**Flexibilidade e Adaptabilidade**

Para facilitar o futuro desmanche das paredes interiores para flexibilidade do espaço estas foram construídas em gesso cartonado.

## PERSPECTIVA PARA SUSTENTABILIDADE DO LICEU LEONARDO DA VINCI

A escola é um bom exemplo de sustentabilidade desde a orientação solar, espacial e futura adaptabilidade. Passando pelos sistemas passivos (iluminação e ventilação) e ativos de diminuição de consumo energético, pegada ecológica (painéis fotovoltaicos e moinho eólico) e valorização ecológica (recolha e reutilização de água), adotando a etiqueta HQE (Alta Qualidade Ambiental),

Não existe assim, nenhum ponto negativo a apontar.

## 04.2.4-'SMITH MIDDLE SCHOOL', CHAPEL HILL, CAROLINA DO NORTE, E.U.A.

Atelier Corley Redfood Zack, Inc [INNOVATIVE DESIGN (c, d)]

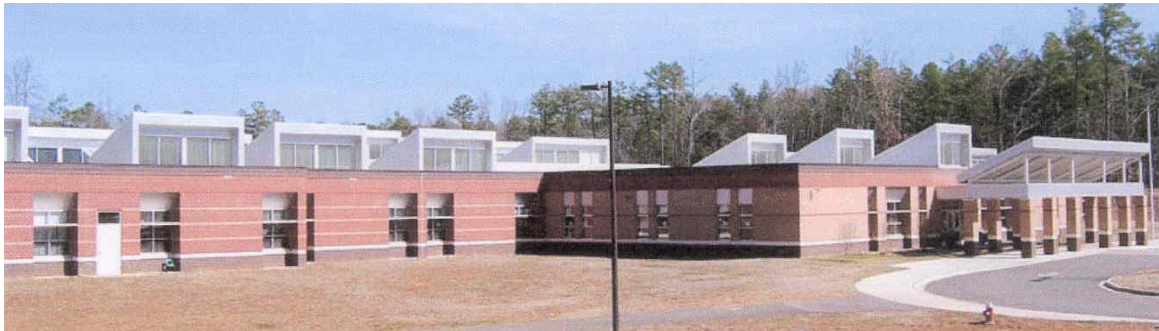



**Fig.04.8.1:** Vista da Fachada Principal da Escola, [INNOVATIVE DESIGN (c)].

### INTEGRAÇÃO LOCAL

**Local e Edificado**

Como a comunidade de "Chapel Hill" situa-se numa região tecnológica, decidiu em 1999 lançar um concurso para erguer uma escola voltada para educação e conservação ambiental.

A escola é composta por várias salas de aula, uma zona administrativa, uma mediateca, um ginásio, uma cafetaria e um auditório. As salas de aula são orientadas a sul, com as aberturas de vãos na fachada e na cobertura.

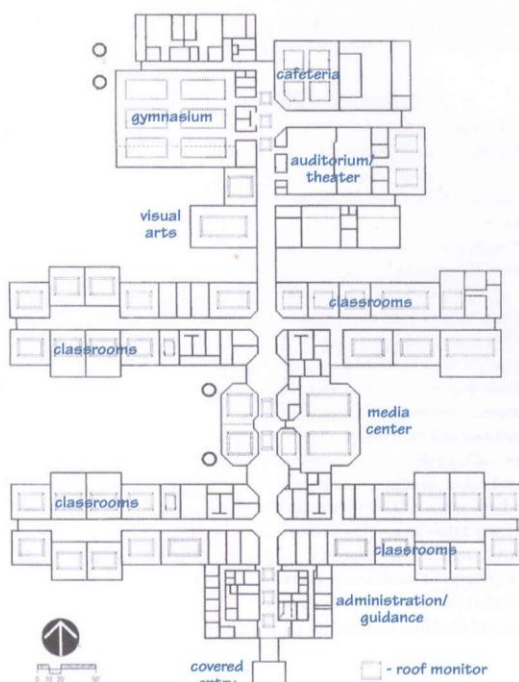



**Fig.04.8.2:** Planta da Escola, [INNOVATIVE DESIGN (c)].

**Fig.04.8.3:** Sala de Aula, [INNOVATIVE DESIGN (c)].

## ENERGIA, AMBIENTE INTERIOR E INOVAÇÃO

### Sistemas Passivos, Iluminação e Inovação

A chave do sucesso deste projeto foi integração de sistemas passivos e ativos de captura de luz solar (bioclimática), reduzindo em 64% o uso de iluminação artificial.

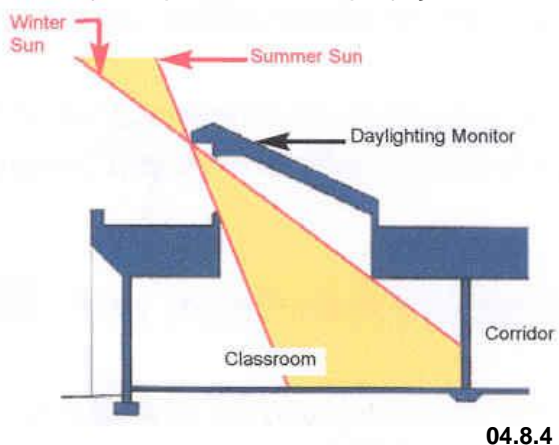
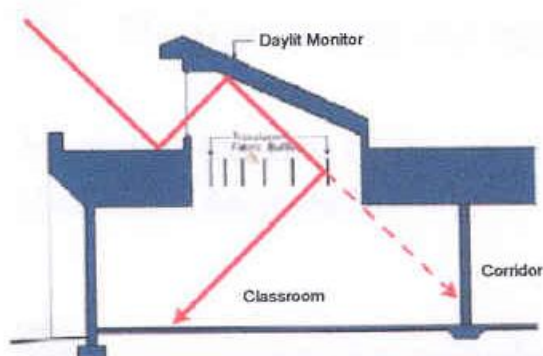
Através de claraboias que aproveitam ao máximo a luz natural, e distribuem luz pelos espaços de maior concentração, diminuindo assim o uso de energia elétrica e aumento o aquecimento. Claraboias essas, que são orientadas para sul, desenhadas com uma pala protetora pelo exterior, para proteger os vidros da radiação solar no verão. Com refletores translúcidos, que refletem a luz uniformemente pela sala e diminuem a ofusquecidade. E com estores de correr para "apagar" a luz quando desejada, para aulas de projeção de slides ou vídeo.

**04.8.4** **04.8.5**

**Fig.04.8.4 e Fig.04.8.5:** Esquemas de aproveitamento da luz pela claraboia, [INNOVATIVE DESIGN (d)].

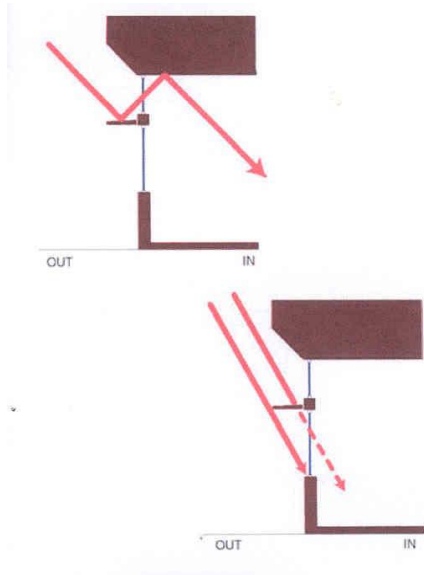
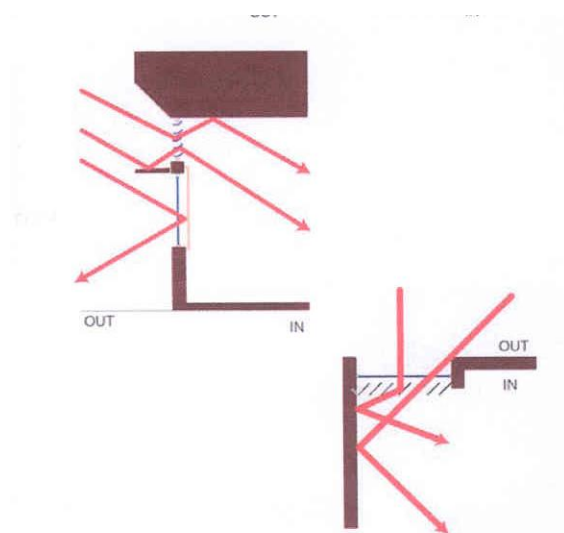
As janelas das fachadas a sul são de pequena dimensão, não permitindo aos alunos apreciar a vista e são sombreadas pelo exterior por uma pala horizontal que cobre maior parte do vão e reflete a luz para o teto da sala, e que cheque o mais fundo possível.

04.8.6 04.8.7

**Fig.04.8.6 e Fig.04.8.7:** Esquemas da pala horizontal refletora, [INNOVATIVE DESIGN (d)].

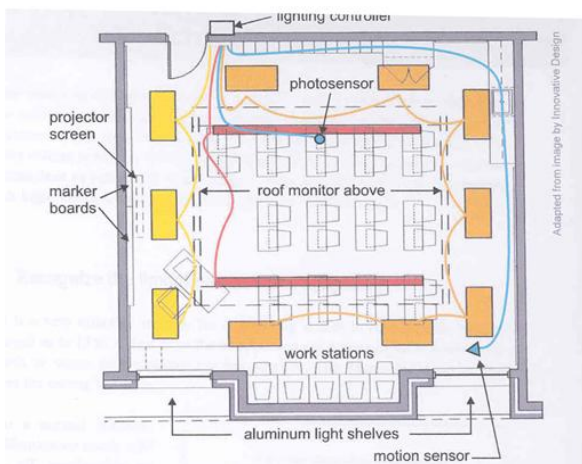
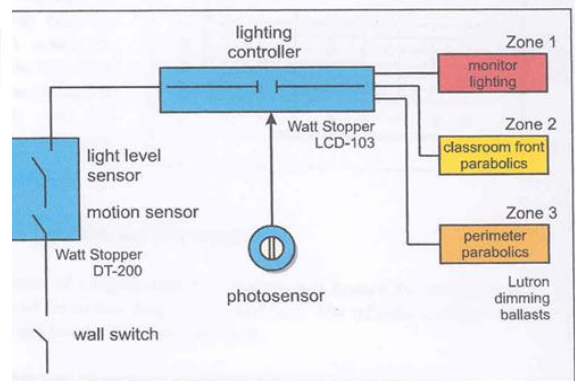
A sala de aula possui um sistema elétrico composto por 8 balastros de luz fluorescente e 2 perimetrais em torno da claraboia, sensores de infravermelhos de movimentação e fotovoltaicos de intensidade luminosa.

04.8.8 04.8.9

**Fig.04.8.8 e Fig.04.8.9:** Esquemas dos Sensores Elétricos de infravermelhos e fotovoltaicos, [INNOVATIVE DESIGN (c)].

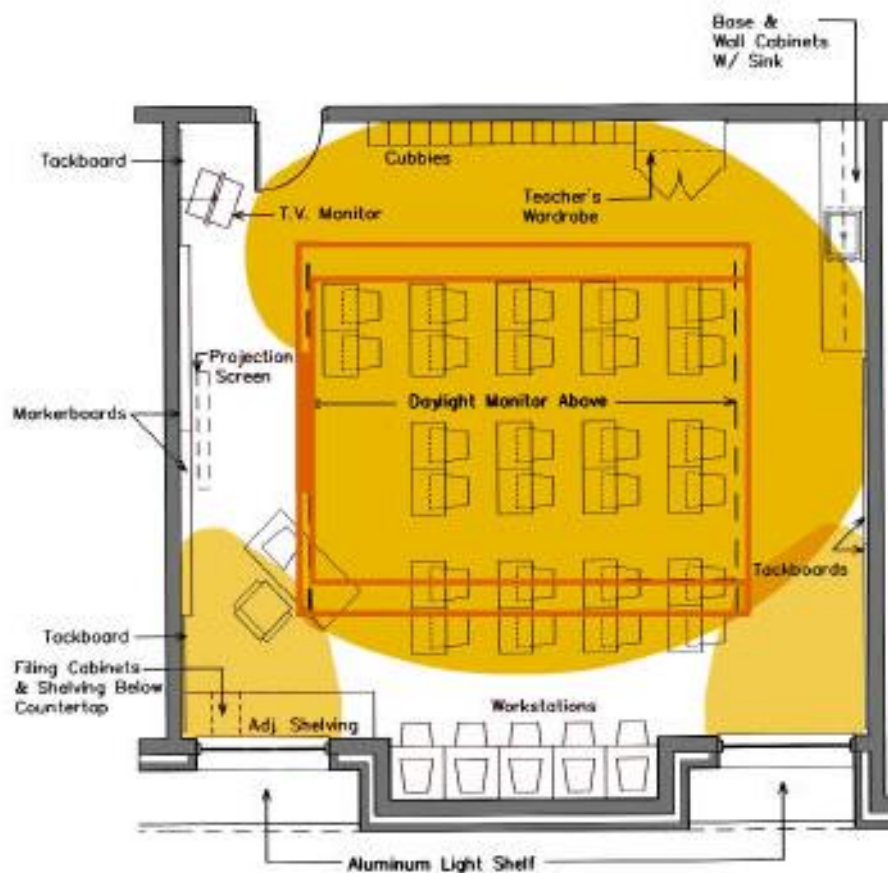



**Fig.04.8.10:** Esquema da intensidade da iluminação natural, [INNOVATIVE DESIGN (d)].

**Ventilação e Qualidade do Ar Interior**

Como resultado dos baixos ganhos de aquecimento de uso de iluminação elétrica, pode-se reduzir o consumo de arrefecimento em 19%, pelo sistema de refrigeração (HVAC), poupando assim dinheiro.

## ENERGIA

**Energia Renovável**

Na Cobertura da escola existe 2kw painéis fotovoltaicos para aquecimento de água, aquecendo 2.6 milhões de galões de água por ano.

Retorno

Comparando a escola com outra sem recurso aos sistemas de captação de luz natural. Poupa-se $0.33/ft2, 26% do consumo elétrico.

| Consumo | Escola Normal | Escola Smith Middle |
|---|---|---|
| Eletricidade kWh | 18.54 | 13,54 |
| Aquecimento e AQS (Gás kWh) | 0,032/ft2por ano | 0,04/ft2 por ano |

Simulação:

- 18.54 Kwh (Consumo anual de eletricidade de uma escola que não teve como base a captação de luz natural).

- 13.54 Kwh (consumo anual de eletricidade com recurso ao uso da luz natural).

(18.30 Kwh- 13.54 Kwh) x $0.07/ft2 (custo da eletricidade) = $0.33/ft2

Mas para aquecer o edifício gasta-se mais 20% de gás natural, se este custar $0.81/therm, está-se a gastar 0.04/ft2 por ano.

Se retirar-mos dos $0.33/ft2, poupamos $0.04/ft2. Tendo um retorno no investimento de sistemas de captação de luz natural ao fim de 4 anos e 2 meses.

## ÁGUA E CARGAS AMBIENTAIS

**Recolher e Reutilizar a Água e Efluentes**

A água é recolhida da chuva e armazenada em coletores para depois ser aproveitada ou usada nas instalações sanitárias, na cafetaria e na irrigação do jardim.

## PERSPECTIVA PARA SUSTENTABILIDADE DA 'SMITH MIDDLE SCHOOL'

Os pontos fortes para a sustentabilidade são a orientação solar e espacial, sistemas passivos de iluminação, que diminui o uso de iluminação elétrica e sistemas ativos de refrigeração (ar-condicionado), energia renovável células fotovoltaicas) e a recolha e reutilização de água.

Não existe assim, nenhum ponto negativo a apontar.

## 04.2.5- PAVILHÃO CLAUDETTE MACKAY-LASSONDE, UNIVERSIDADE "WESTERN ONTARIO", ONTARIO, CANADA

**Edifício de Engenharia Verde** *[SAB MAGAZINE, WESTERN ONTARIO UNIVERSITY,* BROWNSTONE, R. e MEDINA, P. e SCHLEMMMER]

**Fig.04.9.1:** Foto do Edifício. *[SAB MAGAZINE].*

A primeira construção certificada dentro campo Universitário de Western, com LEED (Liderança em Energia e Design Ambiental). Foi arquitetado em detalhe nas ideias dos trabalhos dos estudantes, e incorporada nos planos para a construção das novas instalações pela equipa liderada pelo consultor Shore Tilbe Irwin & Partners em conjunto com Cornerstone Architecture.

### INTEGRAÇÃO LOCAL E VIVÊNCIA SÓCIO- ECONÓMICA

**Local e Edificado**

Um edifício de 45000 m2 de construção distribuídos por cinco pisos, sem cave, no qual comporta laboratórios, sala de estudantes com aprendizagem espacial, associação de estudantes, livraria, cafetaria, zonas de estar e zonas técnicas e administrativas em torno de um átrio. Espaços de quatro grandes áreas da engenharia, Civil e Ambiental (CEE), Mecânica e Materiais (MME), Eletricidade e

Computação (ECE), e Química e Bioquímica (CBE), bem como, Geografia e Biologia.

Com o custo de 22 milhões de dólares, este edifício terá o nome de Claudette MacKay-Lassonde, o nome de uma mulher que deixou uma marca inextinguível na engenharia Canadiana, e que acreditava que *"os engenheiros têm a responsabilidade de criar ou transformar descobertas para trazer uma vida melhor para as pessoas. Ela acreditava que o papel dos engenheiros devem ser tanto baseada no humanismo e responsabilidade social como em tecnologia. Este novo edifício, denominado em sua memória, é uma homenagem perfeita para seus ideais. "*

**Proteção e Valorização da Ecologia e Acessibilidade e Mobilidade**

Os arranjos exteriores terão pavimentação permeável e plantas indígenas e existirão parques de bicicletas.

## MATERIAIS E CARGAS AMBIENTAIS

**Materiais** Materiais de Baixo Impacte **e Resíduos** Valorização de resíduos

Para se erguer o edifício teve-se primeiro que demolir um pavilhão pré-fabricado obsoleto da faculdade de Bioengenharia. Reaproveitando-se os resíduos de demolição para a nova construção e diminuindo o uso de matéria-prima.

Irá se aproveitar e coletar resíduos de óleo e graxa para produzir biodiesel que será usado num gerador que se localiza no telhado.

**Fig.04.9.2:** Antigo Edifício Bioengenharia [BROWNSTONE, R. e MEDINA, P. e SCHLEMMMER]

## AMBIENTE INTERIOR E INOVAÇÃO

**Iluminação, Ventilação e Qualidade do Ar, Conforto Térmico e Inovação**

Usou-se grandes janelas nos laboratórios, que se localizam na periferia do edifício, para maximizar os ganhos de luz natural, pois esta possui um espectro total por oposição a iluminação elétrica que possui um espectro parcial, melhorando a iluminação dos espaços internos e aumentando a produtividade do estudo.

Todas as divisões possuem sistemas elétrico composto por sensores de infravermelhos de movimentação, que desligam quando a sala está vazia, e fotovoltaicos para diminuir a intensidade luminosa, poupando energia.

Outro sistema passivo utilizado foi um átrio/saguão estreito que comporta no seu topo uma série de discos espelhados de refletem luz para dentro do edifício, nomeadamente nos escritórios. A noite em vez de refletir luz solar refletem a luz LED de alta eficiência. Que funciona como chaminé solar para exaustão de ar quente e irrespirável, que é filtrado pelo teto.

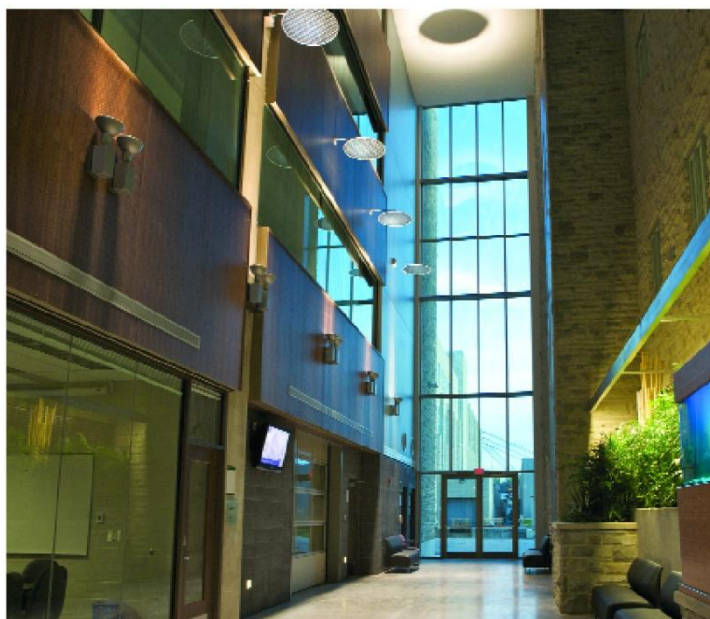



**Fig.04.9.3:** Átrio do edifício *[SAB MAGAZINE].*

Ventilação cruzada (chaminé e transversal), Motorização de aberturas para ventilação natural;

A ventilação é conseguida através do uso de aberturas na fachada que são motorizadas para permitir a entrada de ar fresco dentro dos escritórios, empurrando o ar quente e viciado para o átrio, arrefecendo assim o edifício durante o dia e a noite (purga noturna) e aumentar a velocidade do ar dentro da sala.

Sistema "displacement ventilation" e / ou Radiativo

O ar fresco é introduzido nas salas pelo chão e por convenção natural, o ar aquecido dos ocupantes e do equipamento é extraído pelo teto, levando consigo o ar poluído. O ar quente ao passar pela laje do teto, armazena calor nesta que é depois radiado para o piso de cima.

Massa Térmica Radiante

O chão e as paredes são usados durante o dia para absorver calor, libertando durante a noite.

Geotérmicos

Dentro do pátio, será usado um par de poços geotérmicos, no qual o ar entra dentro do tubo com a temperatura exterior e saí a temperatura da terra. Que no Verão está mais fria e no Inverno mais quente, usando o assim para arrefecer ou aquecer o ar do edifício, sem ter que recorrer ao ar-condicionado. Será integrado sistemas de medição que permitirá aos alunos estudar o desempenho geotérmica sob várias condições.

**Fig.04.9.4:** Corte do edifício, *[SAB MAGAZINE].*

## ENERGIA

**Energia Consumida e Energia Renovável**

Coletores Solares

7% do consumo de energia no edifício, é usado para aquecimento de reduzindo o consume de energia fóssil para aquecimento de água na ordem dos 50% a 75%, ficando os coletores pagos ao fim de 3 anos, funcionando bem durante 20 anos.

Turbinas de vento

Vento é um recurso interminável e não produz gazes, logo é um bom recurso para produzir energia. São baratas quando comparáveis com painéis solares. A Turbina de 50KW, produz energia para um edifício e meio. Tem de estar bem posicionada num sítio específico, com vento constante e forte. Custa C$150-161 000 (fica paga só ao fim de 15 anos), já com a instalação.

## ÁGUA, CARGAS AMBIENTAIS, INTEGRAÇÃO LOCAL E AMBIENTE INTERIOR

**Recolher e Reutilizar Águ*a, Efluentes,* Emissões e Proteção e Valorização Ecológica, Conforto Térmico**

A cobertura ajardinada do edifício recolhe a água da chuva, que é depois encaminhada para dentro de uma cisterna de 10000 litros que depois de filtrá-la através de plantas, reutiliza-la nas instalações sanitárias e no tanque de peixe de grande porte, ideia baseada num projeto de um estudante.

O telhado que é coberto por uma série de plantas robustas e resistentes a seca, além de purificar e arrecadar a água da chuva, também reforçam o isolamento acústico e térmico e absorvem a poluição atmosférica. Cultivada com plantas autossustentadas, locais, que não necessitam de adube e / ou pesticidas, reembolsando ao meio ambiente, um terraço para alimentação da flora local ( insetos, morcegos, andorinhas, etc.).

## VIVENCIA SOCIO-ECONÓMICA

**Flexibilidade e Adaptabilidade**

Ao incorporar as zonas técnicas (água, gás e eletricidade) no teto dos laboratórios, conseguiu-se salas facilmente adaptáveis, sem trabalhos de demolição ou construção nova, facilitando o trabalho de investigação dos seus usuários.

**Fig.04.9.5:** Sala de Aula *[SAB MAGAZINE].*

## GESTÃO AMBIENTAL E INOVAÇÃO

**Sistema de gestão ambiental e Inovações de práticas, soluções ou integrações**

O edifício será monitorizado, ou seja, terá uma série de monitores ligados a sensores que indicaram a eletricidade produzida pelas turbinas de vento e painéis fotovoltaicos, o fluxo de ar que circula nos poços geotérmicos, o fluxo de ar em redor do edifício, e os níveis de dióxido de carbono produzido por um determinado número de pessoas dentro de uma sala, a reciclagem de água da chuva.

O "Claudette MacKay-Lassonde Pavilion" será uma vitrine para todas e a empresas interessadas em expor materiais de construção verde, mobiliário e outros efeitos do ambiente para a construção. Onde os alunos e a comunidade serão capazes de

explorar as mais recentes tecnologias ambientais que se aplicam ao desenvolvimento e as operações de construção.

**PERSPECTIVA PARA SUSTENTABILIDADE DO PAVILHÃO CLAUDETTE MACKAY-LASSONDE**

É um bom exemplo de sustentabilidade desde o uso de materiais locais e reaproveitamento de resíduos de demolição, sistemas passivos (iluminação e ventilação) e ativos de diminuição de consumo energético, pegada ecológica (painéis fotovoltaicos, geotérmica e moinho eólico) e valorização ecológica (sistema recolha e reutilização de água e cobertura ajardinada).

Não existe assim, nenhum ponto negativo a apontar, pois a escola foi projetada para dar resposta a todos os pontos sustentáveis do sistema LEED (Liderança em Energia e Design Ambiental).

## 04.2.6- “WASHINGHTON MIDDLE SCHOOL”, WASHINGHTON, E.U.A.

**Atelier “Kieran Timberlake Associates”** [DETAIL Konzept magazine (2009) SAXENIAN, M., 2009 e TIMBERLAKE, Kieran]

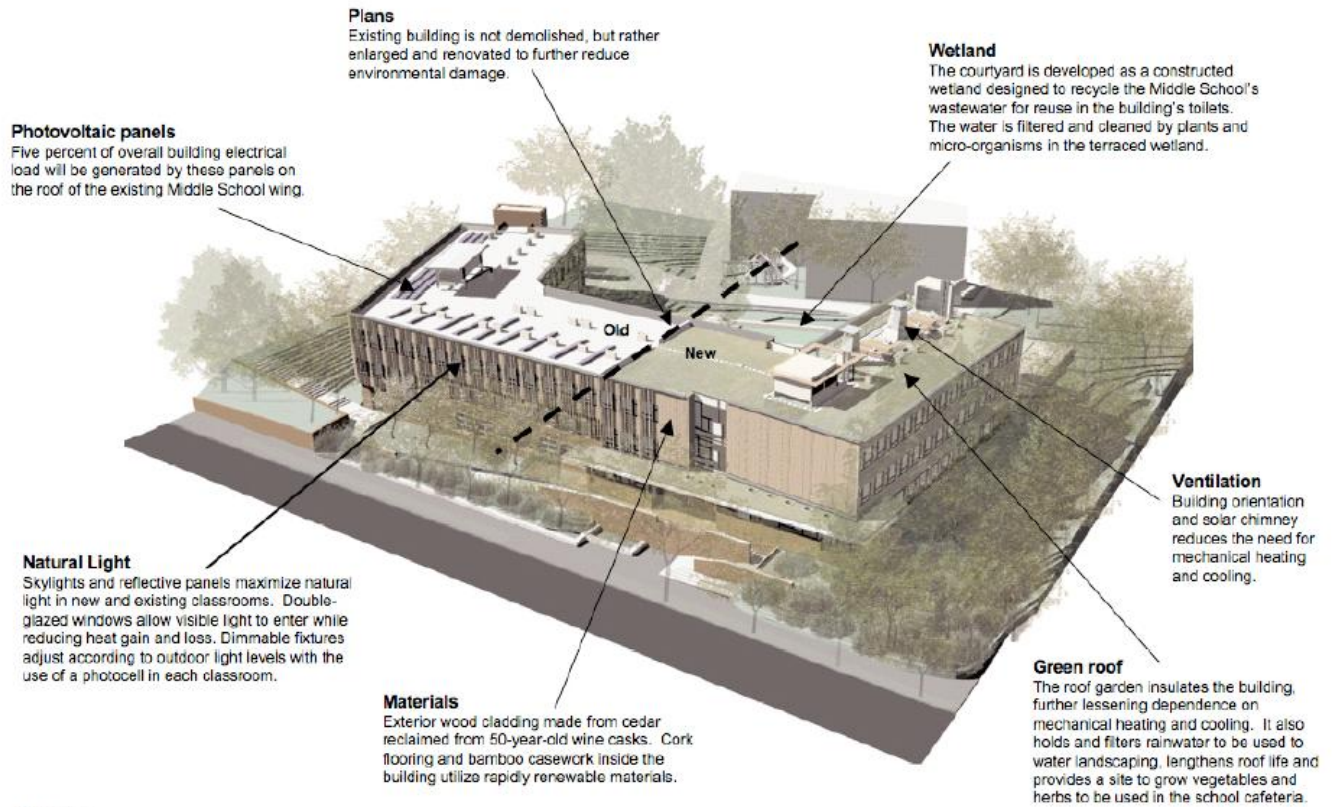



**Fig.04.10.1:** Proposta da Ampliação e remodelação da escola [TIMBERLAKE, Kieran].

| Detalhes | Antes | Depois |
|---|---|---|
| Nº de Alunos | 230 (início) | 340 |
| Área de Implantação | | 3,552m2 |
| Ano de Construção | 1950 / 1970 (ampliação) | 2007 |
| Nº de Salas de Aula | 33 | 36 |
| **Energia requerida** | | |
| Aquecimento | | 85 kWh/m2/ano |
| **Coeficiente Térmico** | | **U=(W/m2.K)** |
| Paredes exteriores | | 0,28 W/m2.k |
| Cobertura | | 0,22 W/m2.k |
| Piso em contacto com o solo | | 0,399 W/m2.k |

## INTEGRAÇÃO LOCAL

**Local, Edificado e Proteção e Valorização Ecológica**

A escola com 50 anos de idade, já tinha as suas instalações degradas e saturadas de alunos, e em vez de demoli-la e construir uma nova decidiu-se amplia-la e renova-la, segundo os princípios sustentáveis.

O edifício relaciona-se e co habita com a paisagem, e implementa relações humanas com os recursos naturais.

Em vez de demolir o edifício, este é renovado e é expandido para norte de forma a minimizar o impacte da nova construção no terreno, reduzindo o impacte ambiental. Formando em planta um C em torno de um pátio central que comporta uma lagoa de águas cinzentas e une a escola ao campus através de uma ponte que atravessa a lagoa.

**.04.10.2** **04.10.3**

**Fig.04.10.2 e Fig.04.10.3:** Fachadas do edifício que dão para o pátio que comporta a lagoa [DETAIL Konzept magazine, 2009 e SAXENIAN, M., 2009].

## ÁGUA, CARGAS AMBIENTAIS, INTEGRAÇÃO LOCAL E AMBIENTE INTERIOR

**Recolher e Reutilizar Água*, Efluentes,* Emissões e Proteção e Valorização Ecológica e Conforto Térmico**

Como edifício detêm uma cobertura ajardinada, retêm-se a água da chuva, sendo depois direcionada não para a conduta de esgoto municipal, mas para uma lagoa de águas cinzentas (Wetland) e em conjunto com a água usada nas Instalações

sanitárias é depois reciclada como água cinzenta, como demonstra os esquemas a seguir, e depois usada na régua do jardim e nos autoclismos das instalações sanitárias.

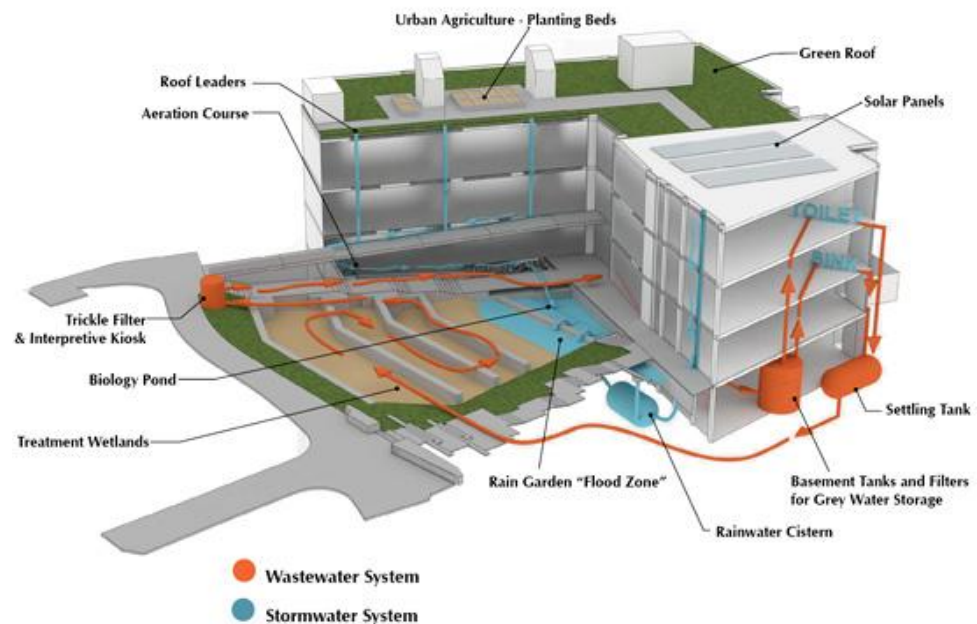



**Fig.04.10.4:** Organigrama da utilização das águas pluviais e reutilizar das águas usadas [SAXENIAN, M., 2009].

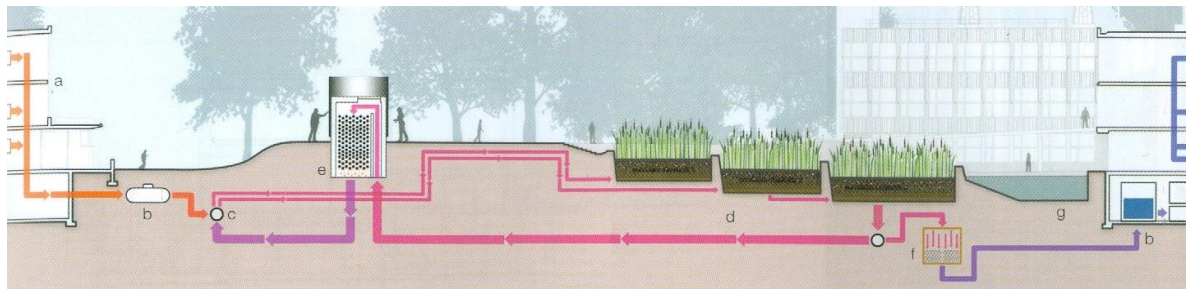



**Fig.04.10.5:** Organigrama da reutilização da água [SAXENIAN, M., 2009].

a) Instalações Sanitárias
b) Tanque de Armazenamento
c) Ramal de separação de fluxos
d) Lençol de Água com plantas aquáticas que depuram e filtram a água (ETAP- Estação de tratamento de águas por uso de plantas)
e) ETAR (estação de tratamento de águas residuais) com filtro biológico
f) Depósito com Filtro de Areia
g) Lago de chuva
h) Filtro de Partículas
i) Unidade de desinfestação através do uso raios ultra violetas

Com a Cobertura é ajardinada (Green Roof) conseguiu-se um bom isolamento térmico, diminuindo o uso de sistemas de arrefecimento e aquecimento, filtrar a água da chuva, para usar na rega dos jardins e filtrar o pó, reduzindo as emissões

atmosféricas e serve para cultivar vegetais e ervas para ser consumidas no refeitório. Sendo uma ótima sala de aula exterior para o ensino de jardinagem.

**Fig.04.10.6:** Vista da cobertura ajardinada com as chaminés solares [SAXENIAN, M., 2009].

## ENERGIA

**Energia Consumida e Renovável**

O fornecimento de energia é feito por CHP (combined heat and power), que serve o campus inteiro. Cinco porcento do consumo de energia é gerado por painéis fotovoltaicos colocados na cobertura.

## MATERIAIS

**Materiais/** Materiais Locais e de Baixo Impacte Ambiental

O revestimento das fachadas é feito a partir de cedro vermelho ocidental de barris de fermentação de vinho recuperados, com mais de 50 anos. Estabelecendo uma pele elementos verticais de ensombramento que une o edifício antigo ao novo, que foi fabricado fora do local como conjuntos integrados de janelas de alto desempenho com vidros triplos, forros de madeira exterior e protetores solares, para acelerar o tempo de construção.

No interior usou-se cortiça e bamboo porque são materiais renováveis e de crescimento rápido.

Pinturas, Carpetes e adesivos foram selecionados pela baixa emissão de VOC (componentes orgânicos voláteis).

## CONFORTO AMBIENTAL E INOVAÇÃO

### Ventilação e Qualidade do Ar Interior e Inovações

A orientação do edifício e a ventilação cruzada e por chaminé reduz o uso de aquecimento e arrefecimento. Sendo usado o sistema de chaminé solar nas salas viradas a norte, de forma a retirar o ar ganho de ar frio e diminuir o uso de aquecimento.

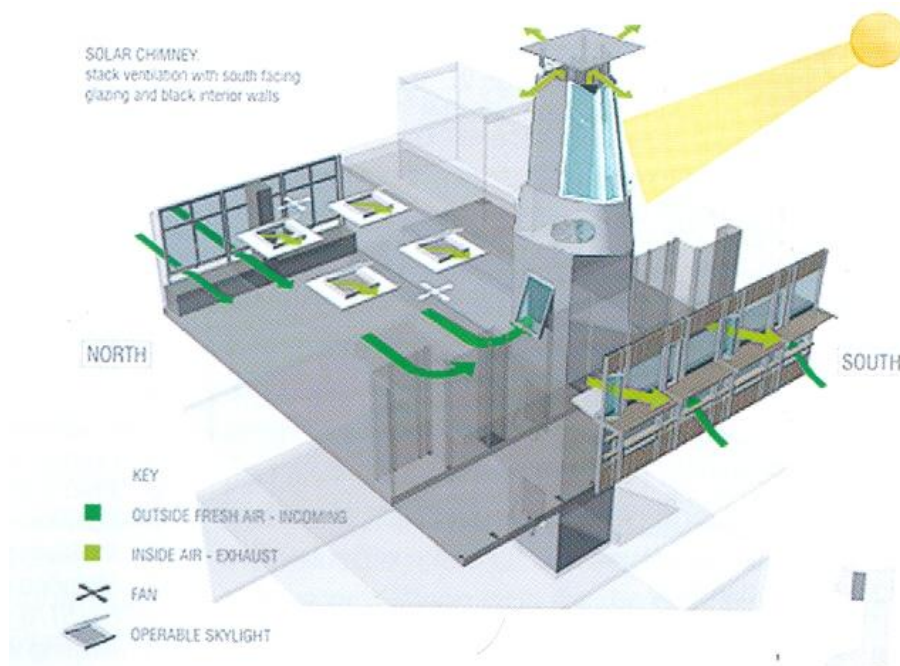



**Fig.04.10.10:** Esquema da Chaminé Solar. Nas quais o sol aquece o ar dentro dos topos das chaminés de vidro, criando uma corrente de convecção que desenha um ar mais fresco no edifício através de aberturas de frente para o norte [SAXENIAN, M., 2009].

O HAVC (aquecimento e arrefecimento) é separado da ventilação de ar fresco para ser facilmente calibrada segundo o número de ocupantes e a temperatura exterior, e com uso de sensores que deteta quando uma janela está aberta consegue reduzir ou até as desligar o sistema ativo de ventilação.

### Iluminação e Inovação

Claraboias, Janelas com painéis refletores nas novas e velhas salas de aula maximizam a luz natural, diminuindo o uso de luz artificial. Vidro duplo permite a luz entrar sem reduzindo perdas ou ganhos de calor.

As janelas orientadas a sul dispõem palas de ensombramento horizontal e as janelas viradas para poente e nascente dispositivos de ensombramento verticais, diminuindo a

luz ofuscante quando o sol está baixo. Já as de norte não dispõem nenhuma proteção pois a luz já é difusa. Como uma bússola, a configuração da pele de cedro (sistema de ensombramento) do edifício varia conforme a orientação solar.

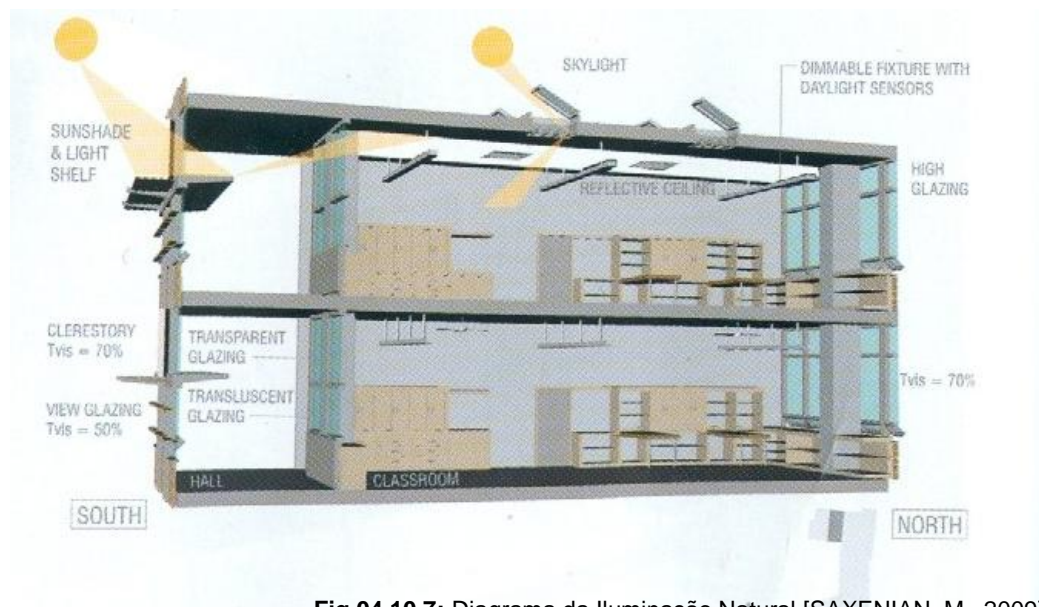



**Fig.04.10.7:** Diagrama da Iluminação Natural [SAXENIAN, M., 2009].

A escola, dispõem de sistema elétrico composto por sensores de infravermelhos de movimentação, que desligam quando a sala está vazia, e fotovoltaicos para diminuir a intensidade luminosa, poupando energia.

**04.10.8** **04.10.9**

**Fig.04.10.8:** Biblioteca [DETAIL Konzept magazine, 2009].

**Fig.04.10.9:** Corredor [SAXENIAN, M., 2009].

## VIVÊNCIA SOCIO- ECONÓMICA

**Flexibilidade e Adaptabilidade**

A vida das presentes medidas, é estimada em 40 a 50 anos, até a próxima renovação. Logo foi necessário construir uma estrutura flexível de divisórias leves, vãos grandes e elementos de fachada prefabricados que podem ser facilmente reconfigurados ou substituído ou acomodar uma variedade de usos ou espaços no futuro.

## GESTÃO AMBIENTAL E INOVAÇÃO

***Utilização Ambiental,* Sistema de Gestão Ambiental e Inovações de práticas, soluções ou integrações**

Monitores colocados nos corredores indicam a produção e o consumo de energia, consumo e reciclagem de água, assim como descrevem os materiais utilizados na construção. Servindo de objeto de ensino para os alunos, pois educam os seus ocupantes sobre materiais e sistemas, desde as origens do pavimento de cortiça, ao levantamento de casos de bambu, passando pelo impacte de ligar ou desligar a luz.

Os professores integraram o edifício no currículo. Na disciplina de Ciências Ambientais, os estudantes medem e comparam os níveis de fósforo no pantanal e no reservatório de subsolo, e aprendem o papel importante que as zonas húmidas desempenham na purificação da água.

E os intervenientes e a comunidade também foram afetada, nomeadamente a empresa que faz a limpeza da escola, que desenvolveu um programa com produtos certificados e o serviço de comida enfatiza alimentos produzidos localmente, frescos e orgânicos.

Em 2007, é a primeira escola nos Estados Unidos a ganhar o certificado *"LEED Platinum*", servindo de modelo para a construção de um edifício sustentável. Teve um impacte de longo alcance. Cerca de 8.000 pessoas visitaram, incluindo professores, administradores, decisores políticos e profissionais de design, meios de comunicação.

**Fig.04.10.11**

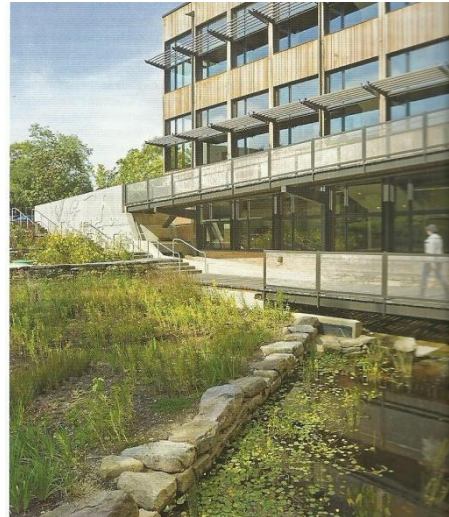



**Fig.04.10.12**

**Fig.04.10.11 e Fig.04.10.12:** Vista da lagoa [SAXENIAN, M., 2009].

## PERSPECTIVA PARA SUSTENTABILIDADE DA "WASHINGHTON MIDDLE SCHOOL"

Talvez seja o melhor exemplo de sustentabilidade, pois esta escola ganhou a medalha de platina da certificação LEED, pela alta performance do seu desenho e das suas operações, e os seus compromissos com o ambiente.

Não existe assim, nenhum ponto negativo a apontar.

## 04.2.7- ESCOLA PRIMÁRIA "KINGSMEAD", CHESHIRE, U.K.
**Atelier "White Design"** [SCHOOLS FOR THE FUTURE, 2006].

**Fig.04.11.1:** Entrada do Edifício, [SCHOOLS FOR THE FUTURE, 2006].

### INTEGRAÇÃO LOCAL

**Local e Edificado**

Trata-se de um caso de estudo em que o esforço realizado de toda a equipa para conseguir reunir os paramentos de forma ajuntar a o baixo consumo de energia, tanto ao nível dos materiais utilizados como também ao nível do consumo de energia de uso diário da escola.

A escola é fechada para a entrada da cidade, servindo assim dois propósitos, o primeiro servir a ligação dos acessos à estrada, tornados os mais curtos possíveis o segundo criar uma barreira da estrada de forma a criar uma zona privada com áreas de brincar.

Possui um corredor ao longo do lado este da o qual é também um espaço de circulação. As salas de aula são ao longo do lado norte da escola e a sul temos todos os gabinetes e espaços adjacentes ao funcionamento da escola na parte sul.

A parte norte do edifício no local onde estão as salas de aula, promove às salas de aula uma luz consistente evitando o calor na época de verão, existem também claraboias sendo equipadas com estores motorizados, os quais permitem gerir a luz tanto no Inverno como o calor no Verão.

**Fig.04.11.2:** Planta da Escola, [SCHOOLS FOR THE FUTURE, 2006].

Kingsmead tem um dos melhores resultados para produtividade percebida. Os ocupantes afirmam que as condições do edifício contribuem significantemente para a produtividade no trabalho. Isto não surpreende dados os resultados extremamente bons no conforto térmico, atenção aos detalhes no projeto, e um alto nível de consciência dos utilizadores de como o edifício funciona e deve ser usado. O objetivo do projetista é, na maior parte, comunicado de forma clara aos ocupantes.

## AMBIENTE INTERIOR E VIVÊNCIA SOCIOE-CONÓMICA

### Conforto Térmico

O Aquecimento/ Arrefecimento é Feito através de um sistema de biomassa, combustível produzido no local através de desperdícios de madeira.

Consequentemente o condensador/caldeira promove grande parte do calor necessário à escola. A dimensão da caldeira está de acordo com a dimensão das necessidades da escola, evitando perdas de calor no Inverno. A biomassa utilizada é o granulado de madeira, que arde mais do que madeira.

Isolamento térmico

As paredes desta escola têm pelo menos 200mm de lã de vidro de isolamento, feito de reciclagem de vidro.Com esta grossura de isolamento é atingida/ superada o requisito dos U-value do Reino Unido.

A alta performance dos vidros duplos colocados em todos os vãos promove um excelente U-value. O vidro utilizado tem uma baixa emissão de raios solares.

| Coeficiente Térmico U=(W/m2.K) | Escola Kingsmead | Regulamento de Edifícios de 2002 U.K. |
|---|---|---|
| Paredes Exteriores | 0- 171 | 0-35 |
| Janelas | 1- 75 | 2 - 2.2 |
| Cobertura | 0- 171 | 0- 2 |
| Piso | 0- 18 | 0- 25 |

## Iluminação e Inovação

A abordagem à iluminação nega a tradicional ideia que as salas devem ser viradas para sul. Aqui a maioria das salas de aula estão orientadas para norte que beneficiam de uma luz controlável e de claraboias que introduz luz nos espaços mais escondidos.

Isto parece resultar. A qualidade da luz do dia é suficientemente boa para encorajar os utilizadores a manter as luzes desligadas e os estores/persianas para cima.

Os arquitetos conseguem assim aumentar a quantidade de luz natural e reduzir a quantidade de lâmpadas.

As lâmpadas são colocadas de forma criar uma homogeneidade de luz, entre as zonas mais próximas da janela e mais distantes da janela.

As zonas comuns de corredor estão providas de sensores de luz para durante o dia junto com a luz natural, gerir a quantidade de luz necessária.

## Conforto Térmico, Ventilação e Qualidade do Ar Interior

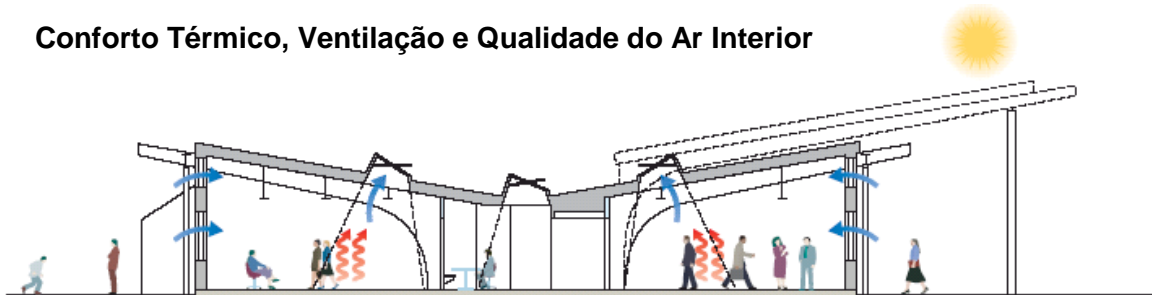



**Fig.04.11.3:** Sistema de ventilação cruzado, ajudada por um conjunto de janelas de claraboia num telhado ondulado, [SCHOOLS FOR THE FUTURE, 2006].

Cada sala de aula tem a sua própria estufa. Jardim de Inverno sem aquecimento, com acesso às zonas de recreio.

Estes jardins atuam como amortecedor de temperatura que reduz o calor perdido nas salas assim como o calor libertado no recreio quando as crianças brincam. Também são flexíveis de forma abrigar/proteger o espaço entre cada sala e em simultâneo trata-se de uma prática educativa visto demonstrar como crescem as plantas.

**Fig.04.11.4:** Sala de Aula, [SCHOOLS FOR THE FUTURE, 2006].

## ENERGIA

### Energia Consumida

O consumo de energia a mais de 70kWh/m2, é quase 3 vezes mais alto que o número padrão para escolas primárias. O consumo de gás é alto devido aos problemas com o aquecimento solar da água e caldeira de biomassa - a equipa do projeto assumiu que a maioria da energia para aquecimento do espaço e da água viria da combustão de madeira.

O consumo de eletricidade é mais alto que o esperado por 3 razões:

1. O equipamento de cozinha trabalhou durante as férias. Ventoinhas, congeladores e frigoríficos mantiveram-se a funcionar, provavelmente desnecessariamente;
2. A escola está a ser usada para fins comunitários à noite, o que significa que está mais horas aberta do que o esperado e então é necessária maior iluminação à noite;
3. Há muitas tecnologias de informação na escola, tal como uma sala de servidores, quadros brancos interativos e CCTV.

O consumo de gás é alto porque tem de fazer equilíbrio entre os painéis solares e a caldeira de bio massa, contudo grande parte da energia utilizada nos espaços.

| | KWh/m²/y | | $kgCO_2/m^2/y$* | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Electricity | Gas† | Electricity | Gas† | Combined |
| Kingsmead consumption 2005 | 72 | 103 | 29 | 20 | 49 |
| Kingsmead photovoltaic generation 2005** | 4 | – | – | – | – |
| Top 25 percent of primary schools†† | 25 | 113 | 11 | 22 | 33 |

* Assuming 0·19 $kgCO_2$/kWh gas, 0·43 $kgCO_2$/kWh electricity.
** Estimated from four months' data February to May 2005.
† Gas use adjusted for local temperature.
†† Twenty-fifth percentile for energy consumption recorded in DfES (2004) *Energy and Water Benchmarks for Maintained Schools in England 2002-2003*.

**Fig.04.11.5:** Tabela do Consumo de Energia, [SCHOOLS FOR THE FUTURE, 2006].

**Energia Renovável**

A equipa tentou usar da melhor maneira os painéis solares para aquecimento de água assim como painéis foto voltaicos para produção de alguma energia elétrica. Os painéis solares não só aquecem a água para a cozinha e casa de banho. Estes solares produzem 20% da água quente necessária para a escola. O sistema de fotovoltaico produz um output de 5KW. Este equipamento pretende atingir 15% das necessidades elétricas da escola.

## MATERIAIS E VIVÊNCIA-SOCIOECONÓMICA

**Materiais Locais e de Baixo Impacte e Flexibilidade e Adaptabilidade**

A estrutura da escola é feita de madeira lamelada, permitindo a execução de grandes vigas / vãos. Esta madeira é obtida através de uma floresta sustentável. As paredes exteriores também são de madeira.

**Fig.04.11.6:** Paredes exteriores de madeira, [SCHOOLS FOR THE FUTURE, 2006].

Os blocos de betão do interior das paredes são leves de forma garantir uma boa flexibilidade ao nível interior dos espaços, promovendo improvisos da sua utilização, podendo ser removidas ou demolidas, e neste caso, poderão ser recicladas e reutilizadas para outros edifícios ou outras construções. O pavimento exterior é invertido para que as águas da chuva sejam facilmente encaminhadas para uma central, sendo posteriormente reutilizadas para os autoclismos / urinóis.

## ÁGUA E INOVAÇÃO

**Recolher e Reutilizar Água e Inovação**

Através do sistema de execução do pavimento exterior consegue-se fazer o aproveitamento das águas da chuva encaminhando-as para uma central, sendo posteriormente reutilizadas para os autoclismos / urinóis. Com esta medida reduz 30% da água inicialmente utilizada por água potável e agora utiliza água não potável.

Ainda com um bónus, visto que com este aproveitamento das águas da chuva, reduz o custo em colação de tubos de queda e caleiras, conforme um pavimento tradicional. Um tubo de queda transparente, corre ao longo do centro da escola ligando os coletores da água da chuva, a qual só existe desperdício quando faz frio.

## GESTÃO AMBIENTAL E INOVAÇÃO

**Sistemas de Gestão Ambiental e Inovação**

Com um painel eletrónico os alunos conseguem verificar e gerir a quantidade de água de chuva existente nos coletores.

Sendo providas algumas tarefas quando chove e desenvolve alguns temas para a matemática e para a geografia.

Com este sistema, combate-se alguns problemas matemáticos tais como o cálculo das médias /consumos anuais. Contudo quando existe tempestade e a luz vai abaixo, todos o sistema volta a colocar todos os dados da quantidade de água recolhida nos coletores.

**Fig.04.11.7:** Monitor de Consumo de águas, [SCHOOLS FOR THE FUTURE, 2006].

**PERSPECTIVA PARA SUSTENTABILIDADE DA ESCOLA PRIMÁRIA "KINGSMEAD",**

Os pontos fortes para a sustentabilidade são a organização espacial, a sua futura adaptabilidade e flexibilidade, a partilha de espaços com a comunidade, como a cozinha e o uso de materiais locais e de baixo impacte. Sem esquecer os sistemas passivos de iluminação, que beneficiam as salas de aula com uma luz controlável de norte, de aquecimento e ventilação por meio de estufas que amortizam a temperatura reduzindo o calor perdido nas salas. E sistemas ativos de diminuição de consumo energético e pegada ecológica (coletores solares e painéis fotovoltaicos) e valorização ecológica (sistema de recolha e reutilização de água).

Não existe assim, nenhum ponto negativo a apontar.

## 04.2.8- ESCOLA PRIMÁRIA WEOOBLEY, HEREFORD, U.K.

**Equipa da Câmara Municipal Hereford & Worcester coordenada por Dermot Galvin** [SCHOOLS FOR THE FUTURE, 2006].

**Fig.04.12.1:** Pátio da Escola, [SCHOOLS FOR THE FUTURE, 2006].

| Detalhes | Escola Primária | Escola Secundária |
|---|---|---|
| Área Útil | 1 252m2, | 3 392m2 |
| Nº de Alunos | 240 | 600 |
| Ano de Construção | 1997 | 1955-1970 |
| Ocupação | 1 368 horas/ano | 1 596 horas/ ano |

| Performance Energética |
|---|
| 78 tonnes/ano (escola convencional é de 228 tonnes/ano) |

### INTEGRAÇÃO LOCAL

**Local e Edificado**

A escola de Weobley é primária e tem também infantário para meninos e meninas com idades compreendidas entre 3 e 11 anos.

Em meados dos anos 90 o concelho local de H.W. resolveu substituir os velhos barracos de madeira existentes há 70 anos.

O concelho adotou um plano de ação ambiental baseado nos princípios da Agenda Local 2.

Durante as fases iniciais do projeto, o concelho foi abordado pelo DTI e comissão de desenvolvimento rural que procuravam um projeto que demonstrasse o uso da madeira com combustível de aquecimento.

O objetivo era dar o pontapé de saída para uma indústria de fornecimento de toros de madeira rural e reduzir as emissões de dióxido de carbono dos sistemas de aquecimento da escola.

Graças a uma equipa de design motivada e empenhada, a escola alcançou os objetivos dos seus patrocinadores

## ENERGIA, CONFORTO AMBIENTAL E INOVAÇÃO

**Sistemas Passivos, Ventilação e Qualidade do Ar Interior, Iluminação e Inovação**

A escola é um exemplo clássico do design solar de 1990 com ventilação cruzada ajudada por um conjunto de janelas de claraboia num telhado ondulado.

O uso de luz e ventilação natural ajudou a diminuir a necessidade de energia. Todas as salas estão viradas a sul para otimizar a luz natural, reduzindo o risco de calor e brilho excessivos por um alpendre acima das janelas viradas a sul e de uma pérgula/arco para dar sombra que incorpora espécies de folha caduca e vinhas em vasos.

Internamente, as luzes elétricas da escola são controladas por um sistema elétrico que controla o output das lâmpadas ao detetar níveis de luz natural. Sensores de movimento desligam as luzes depois de um período de inatividade detetada. Os professores podem controlar este sistema manualmente se precisarem.

**Conforto Térmico**

O sistema de aquecimento gere o sistema de aquecimento do rés-do-chão antes da escola abrir de manhã, depois muda para o sistema de radiador numa escola secundária adjacente durante o dia. Água quente é bombeada de um lado para o outro dependendo de qual das caldeiras está a funcionar.

A equipa de projetistas estimou que a escola produziria menos 78 toneladas de dióxido de carbono por ano do que a norma para escolas deste tipo, que normalmente

ronda as 228 toneladas isto iguala a uma redução de 34%. Como a madeira é a fonte de combustível para aquecimento, as emissões de carbono são iguais às absorvidas pelas árvores ao crescer. O sistema de aquecimento pode ser considerado neutro (à parte dos combustíveis fósseis consumidos ao processar e transportar a lenha).

**Energia Consumida e Energia Renovável**

Biomassa

No âmago do projeto está uma caldeira, alimentada a aparas de madeira que usa 150-300 toneladas por ano de toros de madeira. Estes são fornecidos por desbastes locais de florestas e álamo/choupo de curta rotação e salgueiro.

Toda a lenha é produzida num perímetro de 10 milhas à volta da escola e uma empresa local assegura o fornecimento de lenha através duma cooperativa de agricultores locais. A lenha é entregue 2 vezes por semana e guardada num silo de betão. O fornecimento da caldeira é automatizado.

Os fumos são limpos antes de serem aspirados por uma chaminé de baixo nível. A pequena quantidade de cinza produzida no processo de combustão é usada para fertilizar o jardim da escola.

A caldeira de madeira de 350kW opera durante aproximadamente 600 horas por ano. O sistema é automatizado para providenciar calor de acordo com o necessário com medidores do nível de combustão da madeira.

**Fig.04.12.2:** A caldeira serve como recurso educacional para a escola permitindo aos alunos entender o papel da economia local no fornecimento de fontes de energia de baixo nível de carbono, [SCHOOLS FOR THE FUTURE, 2006].

## MATERIAIS

**Materiais Locais e de Baixo Impacte**

A escolha de materiais para o edifício foi também cuidadosamente considerada. A equipa de design especificou uma quantidade de materiais locais reciclados, recicláveis, naturais e não tóxicos.

Os materiais especificados pelos projetistas incluíam: Tijolos feitos localmente; Molduras da janela em madeira; Isolamento de humidade em plástico reprocessado; Telhas recicláveis em barro; Barras de alumínio recicláveis (para janelas entre andares); Caleiras e cobertura do telhado para o telhado de armazenamento de combustível; Isolamento celular (papel de jornal reciclado) usado extensivamente em paredes e tetos; Chão de borracha e madeira; Tintas de água.

**Fig.04.12.3** **Fig.04.14.**

**Fig.04.12.3** e **Fig.04.12.4:** Depósito de Lenha para Aquecimento da escola. Os toros de madeira são levantados do silo por braços hidráulicos, um elevador, aparafusador e um alimentador, [SCHOOLS FOR THE FUTURE, 2006].

## GESTÃO AMBIENTAL E INOVAÇÃO

**Utilização Ambiental e Sistema de Gestão Ambiental e Inovação de Práticas, Soluções ou Integrações**

O elemento instrutivo do design é visível no sistema de Monitorização do aquecimento, usado para ensinar os alunos sobre usos de energia. A escola levantou o perfil da tecnologia de combustível de madeira e o uso de bio massa como uma fonte credível de combustível neutra em carbono. No final do projeto os professores

estavam muito entusiasmados, e preparados para abrir as suas escolas para eventos de consciencialização.

### PERSPECTIVA PARA SUSTENTABILIDADE DA ESCOLA PRIMÁRIA WEOOBLEY

Os pontos fortes para a sustentabilidade são a organização solar espacial o uso de materiais locais e de baixo impacte, sistemas passivos (iluminação e ventilação) e ativos de diminuição de consumo energético e pegada ecológica (biomassa).

Não existe assim, nenhum ponto negativo a apontar.

*“Se perguntares qual é o bem da educação em geral, a resposta é fácil: que a educação torna os homens bons, e que os homens bons agem com nobreza.”*
Platão, filosofo grego (428- 348 A.C.)

# 05- CONCLUSÃO

A presente dissertação, teve como objetivo criar um conjunto de ferramentas de avaliação de sustentabilidade ambiental aplicáveis na construção e requalificação/ampliação de uma Escola, que pode servir de manual de apoio a todos os intervenientes no projeto e na construção de espaços de ensino.

O estudo abordou diversos temas. Inicialmente incidiu sobre evolução e a definição de desenvolvimento e construção sustentável, dos desastres ambientais e o consumo de matérias-primas.

Referiu a importância da escola no desenvolvimento da humanidade que ao longo dos tempos, tem tido um papel importante não só na educação, como na construção do futuro.

Foram revistos dois sistemas de avaliação e certificação ambiental (LiderA e Breeam). que consistiram na identificação das áreas em que cada sistema incide e os parâmetros e critérios definidos em cada um deles. A partir da identificação destes fatores foi possível criar um sistema homogéneo que analise as coerências ou disparidades da sustentabilidade nos edifícios de ensino.

No fim, foram postas em práticas um conjunto de ferramentas para análise de casos de estudo, donde surgiram conclusões e reflexões.

Em primeiro lugar, constatou-se que por em prática a sustentabilidade, é um processo complicado e moroso, pois enfrenta muitos condicionalismos físicos, sociais e económicos, embora o objetivo seja resolve-los.

Em segundo lugar observou-se a partir dos casos estudo, que nas escolas Portuguesas, tenta-se apostar muito no conforto ambiental, tanto na estação de aquecimento, como na estação de arrefecimento, através do uso de sistemas passivos e ativos de aquecimento e arrefecimento, de modo a que o sucesso escolar e as condições de saúde não fiquem em causa por falta de conforto dentro das salas de aula.

Assim, na estação do inverno com uso de vãos com orientação solar sul, iluminação natural, ganhos diretos, um edifício com boa inércia térmica bem isolado de forma a minimizar as perdas térmicas e uso de aparelhos para aquecimento se consegue manter o espaço quente.

Na estação do verão através do uso de ventilação natural, transversal e purga noturna, ensombramento dos vãos e aparelhos de climatização, se consegue remover os indesejados ganhos calor que conduzem ao sobreaquecimento do espaço.

Também é de se referir que em Portugal, se tem adotado soluções economicamente mais baratas de fácil execução, edifícios de planta simples que pudessem ser facilmente ampliadas, com uso de materiais locais e duráveis.

Já la fora, nos Estados Unidos, na França e na Inglaterra, o investimento não passa só pelo conforto ambiental, mas também na produção de energia renovável (painéis fotovoltaicos, sistemas geotérmicos e moinho eólico) e na valorização ecológica (cobertura ajardinada e sistema de recolha e reutilização de água), suportados por incentivos financeiros (prémios como “BREEAMS Awards e LEED Rating”), se consegue reduzir no consumo de energia e de água e atenuar as cargas ambientais.

Pensamos que em Portugal, à semelhança de outros países que utilizar boas práticas no sentido da sustentabilidade, se deveria adotar critérios de sustentabilidade apoiados por ferramentas adequadas para o desenho e construção das nossas “Eco-escolas”.

## REFERÊNCIAS E BIBLIOGRAFIA

ALEGRE, Alexandra (2009). O estudo normalizado dos liceus tipo. Programa de modernização do parque escolar

BREEAM Education (2008). **The Environmental Rating for Education Building** Disponível em http://www.breeam.org/page_1col.jsp?id=54

BROCHADO, Luís, FERNANDES, Isa, MORAIS, Patrícia (2006). **Contributos para a Construção de uma Escola Eco Sustentável,** Trabalho de Pós graduação em Planeamento e Construção Sustentável, Universidade Lusíada

BROWNSTONE, Rebecca e MEDINA, Patricia e SCHLEMMMER, Jon. The University of Western Ontario Faculty of Engineering, **Proposed Western Engineering Green Building, Designed by Students for Students" Preliminary Research Report and Proposal,** Ontario, July 2004.
Disponível em www.eng.uwo.ca/cmlp/Green_Building_Draft_Report.pdf

BRUNDTLAND. (1987). **O Nosso Futuro Comum - Relatório de Brundtland.** Nações Unidas: Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento.

BUILDING BULLETIN 87 (1997). **Guidelines for Environmental Design in Schools**, School Building and Design Unit, Department for Education and Skills opportunity, releasing potencial, achieving excellence, U. K. Disponível em www.teachernet.gov.uk

BUILDING BULLETIN 90 (1999), **Lighting Design for the Schools**, Architects and Building Branch, Department for Education and Employment. Disponível em www.media.education.gov.uk/.../building%20bulletin%2090%20lighting%20design%20for%20schools.pdf

BUILDING BULLETIN 95 (2002). **Schools for the Future**, Designs for Learning Communities, Building department for education and skills, creating opportunity, releasing potential, achieving excellence, U. K. Disponível em www.teachernet.gov.uk

BUILDING BULLETIN 99 (2002). **Briefing Framework for Primary School Projects**. Incorporating primary school revision to BB82: Area Guidelines for Schools. Building department for education and skills, creating opportunity, releasing potential, achieving excellence, U. K.

CENTRO ESCOLAR (2007a). Programa Nacional de Requalificação da Rede do 1.º Ciclo do Ensino Básico e da Educação Pré-escola, **I. Pressupostos de enquadramento do programa nacional para o reordenamento da rede escolar do ensino básico e da educação pré-escolar.** Disponível em http://www.centroescolar.min-edu.pt/np4/programa

CENTRO ESCOLAR (2007b). Programa Nacional de Requalificação da Rede do 1.º Ciclo do Ensino Básico e da Educação Pré-escola. **II- Alguns Referenciais Técnicos para Construção/ Ampliação/ Requalificação de Escolas na Perspetiva do Centro Escolar.** Disponível http://www.centroescolar.min-edu.pt/np4/programa

DETAIL Konzept magazine (2009). Schulen Modernisieren (School Modernization), **Sidwell Friends Middle School**, p. 920- 921

DGGE / IP-3E (2004). **Eficiência energética em equipamentos e sistemas elétricos no sector residencial.** Disponível em http:// www.p3e-portugal.com

D.G.R.E., Min. Educação (1994**). Escolas para Crianças dos 6 aos 10 anos, Indicações para Conceção e Construção de Instalações do Ensino Básico**. Núcleo de Equipamentos Educativos, Departamento de Gestão de Recursos Educativos, Ministério da Educação

ECOCENTRO. **O que é uma Escola Sustentável?**
Disponível em http://://www.ecocentro.org/habitats/?page_id=15

EDWARDS, Brian e HYETT, Paul (2004). **Guia Básica de la Sostenibilidad**, editorial Gustavo Gili, SA

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS (a). **Estratégias Bioclimáticas e Sistemas.**

Disponível em http://www.eficiencia-energetica.com/html/eee/eee_estrategias.htm

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS (b). **Utilização Racional de Energia**, Sector Serviços e Sector Industrial.
Disponível em http://www.eficiencia-energetica.com/html/ure/ure_servicos.htm

ENERGIE CITIES (2000). **The guide to Sustainable Energy Technologies for Schools**. New Solutions in Energy Utilisation, European Commission, Directorate-General for Energy and Transport, France, 2000;

GAUZIN- MULLER, Dominique (2002) – **Arquitetura Ecológica,** editorial Gustavo Gili, SA

GEOTÉRMICA EM PORTUGAL
Disponível em http://www.geotermiadeportugal.pt/conteudos/default.asp?ID=83

GONÇALVES, Helder, CABRITO, Pedro, OLIVEIRA, Maria e PATRÍCIO, Anita (1998), Edifícios Solares Passivos em Portugal, Departamento de Energias Renováveis do INETI

GODINHO Francisco (2010). Acessibilidade.net
Disponível em http://www.acessibilidade.net

GONZALO, Roberto e HABERMANN, Karl J**.** (2006). **Energy- Efficient Architecture**, Basics for Planning and Construction, editora Birkhäuser- Publishers for Architecture, Munique, "**Urban Renewal of an Industrial Waterland: Campus in Notthingham"**, p. 80-86; (campus de Nothinghan).

INFOPÉDIA, **História do Ensino**. (2003). Porto Editora
Disponível em  http://www.infopedia.pt/$historia-do-ensino

INNOVATIVE DESIGN (a)**. Guidelines for Energy Efficient Sustainable Schools.** Clark County School District, Las Vegas, Nevada
Disponível em www.innovativedesign.net

INNOVATIVE DESIGN (b)**. Sustainable Schools: Supporting your Educational Mission.** Disponível em www.innovativedesign.net

INNOVATIVE DESIGN (c)**. The Daylighting Guide for Schools, Innovative Design For Daylight Dividends**. Lighting Research Center / Rensselaer Polytechnic Institute. Disponível em www.innovativedesign.net

INNOVATIVE DESIGN (d)**. The Smith Middle School, A Daylight Dividends Case Study,** Lighting Research Center / Rensselaer Polytechnic Institute. Disponível em www.innovativedesign.net

LECÍDIA ( 2006). Energias Renováveis
Disponível em http://www.minerva.uevora.pt/odimeteosol/energias.htm

LIMÃO, Andreia (2007). **Seleção e avaliação de soluções e sustentáveis na construção, identificação segundo o liderA e análise de custos e benefícios**. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico

MELCHERT, L. [2005]. **The Dutch Sustainable Building Policy**: A model for Developing Countries. Building and Environment, 893-901.

NEOTHEMI, **Edifícios Escolares**. Retirado de http://neothemi.up.pt/temas/edif4.htm

PARQUE ESCOLAR (2009). **Manual de Projeto: Arquitetura Versão 2.1**, Capítulo da Caracterização Geral do Parque Escolar, Programa de Modernização das Escolas do Ensino Secundário

PENSAMENTOS PARA RENOVAR,
Disponível em http://www.pensamentopararenovar.blogspot.com/

PINHEIRO, Manuel Duarte (2006). **Ambiente e Construção Sustentável**. Instituto do Ambiente, Amadora, Portugal;

PINHEIRO, M. D. (2006b). **Princípios e Critérios para a Construção Sustentável**: Guia de Enquadramento do LiderA (V.1.01). (FUNDEC, Instituto Superior Técnico (IST))

PINHEIRO, Manuel Duarte (2007). **LiderA** pelo ambiente na procura da sustentabilidade- Apresentação Sumária do Sistema de Avaliação Voluntário da Sustentabilidade da Construção Versão para Ambientes Construídos (V1.02). Disponível em http://www.lidera.info/resources/LiderA_V2_00b.pdf (

PINHEIRO, Manuel Duarte (2011). **LiderA**- Sistema Voluntário para a Sustentabilidade dos Ambientes Construídos.
Disponível em http://www.lidera.info/resources/ LiderA_Apresentacao_geral_2011_v1

PORTAL DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS, Conceitos: Solar, Biomassa, Eólica e Geotérmica Disponível em http://www.energiasrenovaveis.com

PORTAL DO AMBIENTE. **Educação Ambiental.** Disponível http://portaldoambiente.apambiente.pt:8080/maissobre/edambiental/paginas/default.aspx

PORTAL-ENERGIA (a). **Como Funcionam as Bombas Calor Geotérmico.**
Disponível em http://www.portal-energia.com/como-funcionam-as-bombas-calor-geotermico/

PORTAL- ENERGIA (b). **Energias Renováveis, Energia Biomassa.**
Disponível em http://www.portal-energia.com/vantagens-e-desvantagens-da-energia-biomassa/

PORTAL-ENERGIA (c). **Energia Eólica**
http://www.portal-energia.com/category/eolica/documentacao-energia-eolica/

PORTAL-ENERGIA (d). **Energia Solar**
Disponível em http://www.portal-energia.com/category/energiasolar/

RAMOS, Ana Teresa Vaz Ferreira (2009). **Os Custos do Desenvolvimento Sustentável para a Engenharia, Arquitetura e Construção nos Processos de Reabilitação**. Tese de Doutoramento do Departamento de Engenharia Civil, da Faculdade de Ciências e Tecnologia, da Universidade de Coimbra.
Disponível em http://repositorio.ipcb.pt/handle/10400.11/509

REAES PINTO, Alberto. **A Indústria de Construção e a Construção Sustentável.**
A escolha dos Materiais e Tecnologias para a Construção Sustentável

SAB MAGAZINE**. Claudette MacKay-Lassonde Pavilion. New Eco-Lab Puts Focus on Green Building Technologies**
Disponível em http://www.sabmagazine.com/blog/2010/01/11/claudette-mackay-lassonde-pavilion

SAXENIAN, Mike (2009). **The Path to a Green School- Acceptance, Finance, Change in Values**. DETAIL Konzept magazine, Schulen Modernisieren (School Modernization), p. 924-p929

SCHOOLS FOR THE FUTURE (2006). **Design of Sustainable Schools Case Sudies.** Departament for education and skills, creating opportunity, releasing potential, achieving excellence, U. K.. Disponível em www.teachernet.gov.uk

SIMÕES, Fausto (2001). **A Green Vitruvius**. Princípios e Práticas de Projeto para um Arquitetura Sustentável. Ordem dos Arquitetos Portugueses.

SUTER, KEITH. **The Club of Rome Revisited.** Fair Warning.
Disponível em www.abc.net.au.

THE CLUB OF ROME. **The Story of the Club of Rome**.
Disponível em www.clubofrome.org.

TIMBERLAKE, Kieran (2009). **A Teaching Tool for Future Generations**. The Architects Describe Their Design, DETAIL Konzept magazine, Schulen Modernisieren (School Modernization), p.922-p923

TIMBERLAKE, Kieran. **Green Components of the New Middle School, U.S.A**. Disponível em http://usgbcncr.org/presentations/Documents/SidwellFriendsGreenComponents.pdf

TIRONE, Livia e NUNES, Ken (2007). **Construção Sustentável**, Soluções Eficientes, hoje, a nossa riqueza de amanhã, edição Tirone Nunes

TIRONE NUNES. **Construção Sustentável.** Disponível em http://tironenunes.pt/

WARWICK, EubuidIt. Edifícios Escolares
Disponível em http://www2.warwick.ac.uk/fac/soc/wie/eubuildit/educational/tipologias/

WESTERN ONTARIO UNIVERSITY, **Claudette MacKay-Lassonde Pavilion as an Eco-Lab and Living Laboratory**, Faculty of Engineering
Disponível em http://www.eng.uwo.ca/news/cmlp_ecolab_2008.htm

VANEGAS, J., DuBOSE, J., & PEARCE, A. [1995]. **Sustainable Technologies for the Building Construction Industry.** Proceedings, Symposium on Design for the Global Environment.

# ÍNDICE DAS ILUSTRAÇÕES

**Figura 03.2:** Turbinas eólicas em alto mar, próximo de Copenhaga.

**Figura 03.5:** Briquetes e Pelets, resíduos procedentes da limpeza florestais e indústrias madeireiras.

Fonte : Diferentes Tipos de Energia- http://grupodecienciasenergia.blogspot.com.

**Fig. 03.3:** Aerogerador Vertical ou Rotor do tipo darrieus.

Fonte : WIKIPEDIA, Aerogerador-
http://pt.wikipedia.org/wiki/Aerogerador#Rotores_de_eixo_vertical

**Figura 03.4:** Funcionamento de uma Bomba de Calor [Portal- Energia (a)].

Fonte : PORTAL-ENERGIA (a). **Como Funcionam as Bombas Calor Geotérmico.** Disponível em http://www.portal-energia.com/como-funcionam-as-bombas-calor-geotermico/

**Figura 03.6:** Sala de Aula.

**Figura 03.7:** Tipos de Janelas.

**Figura 03.9:** Benefícios da luz lateral no corredor [BUILDING BULLETIN 90, 1999].

**Tabela 3.13:** Iluminância, Uniformidade Rácio e Índice de Encandeamento.

**Tabela 03.15:** Valores aproximados para diferentes tipos de acabamentos.

Fonte: BUILDING BULLETIN 90 (1999), **Lighting Design for the Schools**, Architects and Building Branch, Department for Education and Employment. Disponível em www.media.education.gov.uk/.../building%20bulletin%2090%20lighting%20design%20for%20schools.pdf

**Figura 03.8:** Interruptores de Luz que encorajam os alunos a reduzir o uso de iluminação elétrica, quando a luz do dia é adequada., na Birchensale Middle School.

Fonte: SCHOOLS FOR THE FUTURE (2006). **Design of Sustainable Schools Case Sudies.** Departament for education and skills, creating opportunity, releasing potential, achieving excellence, U. K.. Disponível em www.teachernet.gov.uk

**Tabela 03.14:** Tabela de Cores [D.G.R.E., Min. Educação, 1994].

Fonte: D.G.R.E., Min. Educação (1994**). Escolas para Crianças dos 6 aos 10 anos, Indicações para Conceção e Construção de Instalações do Ensino Básico**. Núcleo de Equipamentos Educativos, Departamento de Gestão de Recursos Educativos, Ministério da Educação.

**Capítulo 4**



Fonte: GONÇALVES, Helder, CABRITO, Pedro, OLIVEIRA, Maria e PATRÍCIO, Anita (1998), Edifícios Solares Passivos em Portugal, Departamento de Energias Renováveis do INETI.

Fonte: BROCHADO, Luís, FERNANDES, Isa, MORAIS, Patrícia (2006). **Contributos para a Construção de uma Escola Eco Sustentável,** Trabalho de Pós graduação em Planeamento e Construção Sustentável, Universidade Lusíada

**Fig.04.5.1:** Entrada do edifício.
**Fig.04.5.2:** Planta de implantação do edifício.
**Fig.04.5.3:** Fachada longitudinal com proteções horizontais.
**Fig.04.5.4:** Imagem do 2 º piso da galeria de distribuição.
**Fig.04.5.5:** Corte transversal com o diagrama de funcionamento de ventilação do edifício.
Fonte: GONZALO, Roberto e HABERMANN, Karl J**.** (2006). **Energy- Efficient Architecture**, Basics for Planning and Construction, editora Birkhäuser- Publishers for Architecture, Munique, "**Urban Renewal of an Industrial Waterland: Campus in Notthingham"**, p. 80-86; (campus de Nothinghan).

**Fig.04.6.1:** Vista do Campo Central com o centro de multimédia e as salas de aula.
**Fig.04.6.2:** Perspetiva do centro de multimédia.
**Fig.04.6.3:** Diagrama da ventilação.
**Fig.04.6.4:** - Átrio.
**Fig.04.7.1:** O edifício é rodeado por tanques que são abastecidos com água da chuva.
**Fig.04.7.2:** Corredores interiores iluminados com luz natural para favorecer o conforto visual.
Fonte: GAUZIN- MULLER, Dominique (2002) **– Arquitetura Ecológica,** editorial Gustavo Gili, SA

**Fig.04.8.1:** Vista da Fachada Principal da Escola.
**Fig.04.8.2:** Planta da Escola.
**Fig.04.8.3:** Sala de Aula.
**Fig.04.8.8 e Fig.04.8.9**: Esquemas dos Sensores Elétricos de infravermelhos e fotovoltaicos.
Fonte: INNOVATIVE DESIGN (c). The Daylighting Guide for Schools, Innovative Design For Daylight Dividends. Lighting Research Center / Rensselaer Polytechnic Institute. Disponível em www.innovativedesign.net

**Fig.04.8.4 e Fig.04.8.5:** Esquemas de aproveitamento da luz pela claraboia.
**Fig.04.8.6 e Fig.04.8.7**: Esquemas da pala horizontal refletora.
**Fig.04.8.10**: Esquema da intensidade da iluminação natural.
Fonte: INNOVATIVE DESIGN (d). The Smith Middle School, A Daylight Dividends Case Study, Lighting Research Center / Rensselaer Polytechnic Institute. Disponível em www.innovativedesign.net

**Fig.04.9.1:** Foto do Edifício.
**Fig.04.9.3**: Átrio do edifício.
**Fig.04.9.4:** Corte do edifício.
**Fig.04.9.5:** Sala de Aula.
Fonte: SAB MAGAZINE. Claudette MacKay-Lassonde Pavilion. New Eco-Lab Puts Focus on Green Building Technologies. Disponível em http://www.sabmagazine.com/blog/2010/01/11/claudette-mackay-lassonde-pavilion

**Fig .04.9.2:** Antigo Edifício Bioengenharia.
Fonte: BROWNSTONE, Rebecca e MEDINA, Patricia e SCHLEMMMER, Jon. The University of Western Ontario Faculty of Engineering, Proposed Western Engineering Green Building, Designed by Students for Students" Preliminary Research Report and Proposal, Ontario, July 2004.
Disponível em www.eng.uwo.ca/cmlp/Green_Building_Draft_Report.pdf

**Fig.04.10.1**: Proposta da Ampliação e remodelação da escola.
Fonte: TIMBERLAKE, Kieran (2009). A Teaching Tool for Future Generations. The Architects Describe Their Design, DETAIL Konzept magazine, Schulen Modernisieren (School Modernization), p.922-p923.

**Fig.04.10.2:** Fachadas do edifício que dão para o pátio que comporta a lagoa.
**Fig.04.10.8:** Biblioteca.
Fonte: DETAIL Konzept magazine (2009). Schulen Modernisieren (School Modernization), Sidwell Friends Middle School, p. 920- 921

**Fig.04.10.3:** Fachadas do edifício que dão para o pátio que comporta a lagoa.
**Fig.04.10.4:** Organigrama da utilização das águas pluviais e reutilizar das águas usadas.

**Fig.04.10.5:** Organigrama da reutilização da água.

**Fig.04.10.6:** Vista da cobertura ajardinada com as chaminés solares.

**Fig.04.10.7:** Diagrama da Iluminação Natural.

**Fig.04.10.9:** Corredor.

**Fig.04.10.10:** Esquema da Chaminé Solar. Nas quais o sol aquece o ar dentro dos topos das chaminés de vidro, criando uma corrente de convecção que desenha um ar mais fresco no edifício através de aberturas de frente para o norte.

**Fig.04.10.11 e Fig.04.10.12:** Vista da lagoa.

Fonte: SAXENIAN, Mike (2009). **The Path to a Green School- Acceptance, Finance, Change in Values**. DETAIL Konzept magazine, Schulen Modernisieren (School Modernization), p. 924-p929

**Fig.04.11.1:** Entrada do Edifício.

**Fig.04.11.2:** Planta da Escola.

**Fig.04.11.3:** Sistema de ventilação cruzado, ajudada por um conjunto de janelas de claraboia num telhado ondulado.

**Fig.04.11.4:** Sala de Aula.

**Fig.04.11.5:** Tabela do Consumo de Energia.

**Fig.04.11.7:** Paredes exteriores de madeira.

**Fig.04.11.7:** Monitor de Consumo de águas.

Fonte: SCHOOLS FOR THE FUTURE (2006). **Design of Sustainable Schools Case Sudies.** Departament for education and skills, creating opportunity, releasing potential, achieving excellence, U. K.. Disponível em www.teachernet.gov.uk

**Fig.04.12.1:** Pátio da Escola.

**Fig.04.12.2:** A caldeira serve como recurso educacional para a escola permitindo aos alunos entender o papel da economia local no fornecimento de fontes de energia de baixo nível de carbono.

**Fig.04.12.3** e **Fig.04.12.4:** Depósito de Lenha para Aquecimento da escola. Os toros de madeira são levantados do silo por braços hidráulicos, um elevador, aparafusador e um alimentador.

Fonte: SCHOOLS FOR THE FUTURE (2006). **Design of Sustainable Schools Case Sudies.** Departament for education and skills, creating opportunity, releasing potential, achieving excellence, U. K.. Disponível em www.teachernet.gov.uk